ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 NOVEMBRE 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *La Conférence internationale de l'Heure.* Note (¹) de M. G. Bigourdan.

Dès que la portée de la télégraphie sans fil atteignit une centaine de kilomètres, on sentit partout que le problème de l'envoi de l'heure à distance était résolu, et par suite aussi celui des longitudes : c'était en 1900.

Quatre ans plus tard, de divers côtés on fit des essais, suivis d'installations pratiques, pour l'envoi de l'heure aux navires en mer.

A la suite d'expériences faites à la tour Eiffel, le Bureau des Longitudes émit le vœu (13 mai 1908) qu'un service de signaux horaires fût installé le plus tôt possible à cette tour, à titre d'essai, dans le but de servir à la détermination des longitudes.

Les appareils établis à cet effet furent essayés avec succès en janvier 1910; mais, quelques jours après, l'inondation de la Seine vint en mettre une partie hors d'usage.

Les dégâts étant réparés, l'envoi des signaux horaires commença le 23 mai 1910, et a toujours été continué depuis.

Pour les longitudes, on essaya la nouvelle méthode en procédant de

---

(¹) Communication faite dans la séance du 28 octobre 1912.

proche en proche, avec Montsouris d'abord, avec Brest ensuite, et enfin avec Bizerte : toujours la méthode radiotélégraphique a donné les mêmes résultats que les méthodes par fil, soit chronographique, soit téléphonique.

La nouvelle méthode ayant fait ses preuves, le Bureau des Longitudes a pensé que le moment était venu d'en étendre l'emploi autant que possible, avec le concours des principaux pays; et, sur sa proposition, le Gouvernement français (mai 1912) invita un certain nombre de gouvernements étrangers à désigner des délégués qui, joints à ceux de la France, étudieraient le problème radiotélégraphique, au point de vue de l'envoi de l'heure et de la détermination des longitudes.

Répondant à cet appel, 15 gouvernements étrangers ont désigné des délégués qui, avec ceux de la France et non compris les membres du Bureau des Longitudes, étaient au nombre de 63. En outre, 64 savants français, appartenant en grand nombre à l'Académie des Sciences, ont été invités à prendre part aux discussions.

L'ensemble de ces délégués et invités a formé la première *Conférence internationale de l'Heure*, qui s'est réunie à Paris le 15 de ce mois, et qui a tenu ses séances à l'Observatoire, mis gracieusement à la disposition du Bureau des Longitudes par son directeur M. B. Baillaud.

La séance d'ouverture fut présidée par M. Guist'hau, Ministre de l'Instruction publique, qui souhaita la bienvenue aux membres de la Conférence. Il les invita ensuite à former leur Bureau, qui fut ainsi constitué :

Président : M. Bigourdan.

Vice-Présidents : MM. Backlund, Dyson, Förster et Righi.

Secrétaire général : M. Ferrié.

Secrétaires : MM. Bardeloni, Corteil, Garnier, Kohlschütter, Maury, Perrier.

Un programme provisoire avait été établi par le Bureau des Longitudes. On partagea immédiatement toutes les questions qu'il portait entre quatre Commissions, constituées de la manière suivante :

Première Commission : Président, M. *Foerster;* Vice-Présidents, MM. *Benndorf* et *Celoria*. — Détermination astronomique de l'heure ou de la correction d'un garde-temps : méthode des passages; méthode des hauteurs;

enregistrements divers; emploi de la méthode de l'œil et de l'oreille; causes d'erreurs dans les divers cas et moyens de les réduire; précision aujourd'hui atteinte; précision à rechercher.

Conservation de l'heure : modèles divers de pendules et de chronomètres; leur comparaison dans le même observatoire; détermination de la correction la plus probable de la pendule directrice.

Deuxième Commission : Président, M. *Righi;* Vice-Présidents, MM. *Behring* et *Lippmann.* — Transmission radiotélégraphique de l'heure : méthode à employer suivant le degré de précision désiré; envoi direct de l'heure d'un garde-temps; envoi indirect de l'heure par l'intermédiaire de signaux rythmés permettant d'appliquer la méthode des coïncidences.

Appareils radiotélégraphiques à employer pour l'émission et la réception des signaux horaires : modèles divers; leur mise en œuvre; portées.

Troisième Commission : Président, M. *Dyson;* Vice-Présidents, MM. *Charlier* et *Asaph Hall.* — Degré de précision que doivent atteindre les signaux horaires pour les diverses applications : astronomie et géodésie; navigation; météorologie; sismographie et applications scientifiques diverses; chemins de fer, administrations publiques, horlogers et particuliers.

Quatrième Commission : Président, M. *Bäcklund;* Vice-Présidents, MM. *Lecointe* et *Mier.* — Collaboration de divers centres astronomiques pour assurer au mieux la connaissance de l'heure; choix des centres.

Étude de l'organisation générale à prévoir, tant pour la transmission que pour la réception des signaux horaires, de manière à donner satisfaction à tous les besoins.

Radiotélégrammes météorologiques internationaux.

Les travaux de ces Commissions étant terminés, les vœux émis par elles furent portés en séance générale (23 octobre), discutés et finalement adoptés à l'unanimité.

Voici le texte de ces vœux, classés dans un ordre méthodique :

I. — Création d'une commission internationale de l'heure et d'un bureau international.

1. Il est utile de chercher à réaliser l'unification de l'heure, par l'envoi de signaux radiotélégraphiques, qu'il s'agisse de signaux horaires ordinaires ou de signaux scientifiques.

2. L'heure universelle sera celle de Greenwich.

3. Il sera utile de créer une *Commission internationale de l'Heure*, dans laquelle chacun des États adhérents sera représenté par des délégués.

4. Il sera utile de créer, sous l'autorité de la *Commission internationale de l'Heure*, un organe exécutif : *Bureau international de l'Heure*, dont le siège sera à Paris.

II. — Détermination, transmission et réception de l'heure.

5. Pour les *signaux horaires ordinaires*, les résultats des déterminations de l'heure seront transmis à ce *Bureau* par les centres nationaux, qui centraliseront eux-mêmes les déterminations faites par les observatoires de leurs pays, et en déduiront l'heure la plus exacte.

6. Pour les *signaux scientifiques*, la mission du *Bureau* sera de centraliser les déterminations de l'heure faites dans les observatoires associés, et d'en déduire l'heure la plus exacte.

7. Le *Bureau international de l'Heure* communiquera les résultats des comparaisons qui ne seraient pas promptement publiés, au *Bureau central de l'Association géodésique internationale*, à Potsdam, auquel on demandera d'en entreprendre la discussion approfondie. Ces résultats seront également communiqués aux autres associations officielles internationales qui les demanderaient.

8. Les résultats fournis par les différentes méthodes et les divers instruments en usage pour la détermination et la conservation de l'heure, seront transmis à la *Commission internationale* à créer, pour la discussion astronomique et géodésique de toutes les questions relatives à l'heure.

9. En attendant que les circonstances permettent la réalisation de ce programme, une *Commission provisoire*, nommée par la Conférence, pourrait organiser, à titre d'essai, la coopération dont il s'agit, et étudier les améliorations de toute nature à apporter à ce projet, avant de le soumettre officiellement à l'approbation des gouvernements.

10. Il est à désirer qu'en chaque point du globe on puisse toujours recevoir un signal horaire de nuit et un signal horaire de jour, le nombre total des signaux perceptibles ne dépassant pas, en principe, quatre par 24 heures.

11. Les Observatoires et les Administrations intéressés mettront à l'étude l'organisation de l'enregistrement automatique des signaux horaires.

12. L'étude de la répartition définitive des centres d'émissions horaires sera confiée à la Commission internationale de l'Heure.

La liste ci-après indique les stations qui seront vraisemblablement en état, au 1er juillet 1913, de jouer le rôle de centres d'émissions horaires, et les heures auxquelles devront être faites ces émissions :

	Heures, temps civil de Greenwich.
Paris	0^h (minuit)
San Fernando (Brésil)	2
Arlington (États-Unis)	3
Manille	4 (provisoire)
Mogadiscio (Somalie italienne)	4
Tombouctou	6
Paris	10
Norddeich-Wilhelmshaven	12 (midi)
San Fernando (Brésil)	16
Arlington (États-Unis)	17
Massaouah (Érythrée)	18
San Francisco	20
Norddeich-Wilhelmshaven	22

Toute station horaire autre que les précédentes, qui viendrait à être créée, ne pourra faire, en principe, ses émissions qu'à des heures (de Greenwich) rondes, différentes des heures ci-dessus.

13. La Commission internationale de l'Heure sera chargée de régler les émissions des signaux spéciaux destinés aux besoins scientifiques, et notamment de ceux qui ont pour objet l'unification pratique de l'heure.

14. Les signaux horaires seront uniformément produits conformément au schéma suivant :



Diagramme indiquant le genre et la distribution des signaux horaires internationaux.

$57^m\ 0^s$ à $57^m 50^s$: signaux d'avertissement.
$57^m 55^s$ à $58^m\ 0^s$: signaux horaires.
$58^m\ 8^s$ à $59^m\ 0^s$ id.
$59^m\ 6^s$ à $60^m\ 0^s$ id.
} *Traits* de 1^s avec intervalles de 1^s. *Points* de $\frac{1}{4}$ de seconde.

15. Les centres d'émissions horaires feront usage d'une longueur d'onde uniforme d'environ 2500^m. Lorsqu'ils emploieront des émissions musicales, la tonalité de celles-ci devra être choisie de manière que la réception soit soustraite, autant que possible, aux perturbations de toute nature.

16. En ce qui concerne l'exactitude désirable pour l'Astronomie et la Géodésie, les signaux radiotélégraphiques scientifiques doivent atteindre le plus haut degré de précision possible.

17. On doit considérer les signaux horaires ordinaires actuels comme assez précis pour les besoins présents de la Navigation.

18. Pour la Météorologie, le Magnétisme terrestre et la Sismographie, l'approximation de la demi-seconde est actuellement suffisante. Si des modifications devaient, dans l'avenir, être apportées au régime actuel, il est désirable que l'approximation de la demi-seconde et même du quart de seconde soit assurée, et que le système des signaux horaires soit assez simple pour que ces signaux puissent être reçus par des observateurs même peu expérimentés.

19. Pour les besoins des Chemins de fer et des Services publics, les signaux horaires ordinaires actuels doivent être considérés comme assez précis.

III. — Administrations publiques et particulières.

20. Les Administrations télégraphiques devront s'efforcer de constituer des centres horaires où l'heure sera reçue et conservée par les moyens les plus précis.

Les Administrations télégraphiques devront étudier et employer les moyens que la technique suggérera en vue de transmettre l'heure aux particuliers, soit par des signaux généraux à heure fixe, soit par des signaux particuliers, envoyés à la demande des intéressés.

En vue de favoriser le développement de ces procédés, les Administrations télégraphiques devront se communiquer les moyens employés par chacune d'elles.

IV. — Navigation.

21. Il est à désirer que tous les navires, à voiles et à vapeur, soient prochainement pourvus d'appareils pour la réception des signaux horaires radiotélégraphiques.

22. La Conférence prend acte des communications échangées entre les Délégués des États-Unis d'Amérique et de la Grande-Bretagne, au sujet des renseignements à transmettre par voie radiotélégraphique sur les *icebergs* et autres *dangers de la navigation*. Elle apprécie hautement l'accord intervenu entre ces Délégués à ce propos, dans l'intérêt de la navigation mondiale.

V. — Météorologie.

23. Les questions relatives aux rapports de la Météorologie avec la Radiotélégraphie sont trop complexes pour être discutées immédiatement. Il est donc désirable que l'étude en soit confiée d'abord à une Commission composée notamment de météorologistes et de directeurs de stations radiotélégraphiques. Cette Commission présenterait son rapport à la prochaine réunion du Comité météorologique international.

En attendant, on recommande :

24. Que le nombre des stations météorologiques dont les observations sont données dans la dépêche de la Tour Eiffel, soit augmenté dans la mesure du possible;

25. Que le poste radiotélégraphique en construction à Bruxelles apporte une large collaboration à l'étude des perturbations radiotélégraphiques produites par les agents atmosphériques.

VI. — Étude scientifique des ondes hertziennes.

27. La Conférence prend acte de la constitution d'un Comité provisoire ayant pour but l'organisation de l'étude scientifique des ondes hertziennes, dans leurs rapports avec les milieux ambiants.

Elle adresse des félicitations à M. Goldschmidt qui veut bien mettre sa station de télégraphie sans fil de grande puissance, à Bruxelles, à la disposition de ce Comité, en même temps qu'une somme de vingt-cinq mille francs pour subvenir aux frais des premières études.

28. La Conférence émet le vœu de voir les pouvoirs publics protéger ce genre de recherches, dont les résultats promettent d'être d'une importance capitale, non seulement aux points de vue de la théorie pure et de la Météorologie, mais aussi à celui du développement de la T. S. F.

Elle estime désirable que la station de T. S. F. de Bruxelles, bien que créée pour le service public, puisse néanmoins contribuer, dans l'avenir, à ces recherches scientifiques internationales.

29. Considérant la très grande importance scientifique et pratique de l'unification et standardisation (*uniformisation*) des méthodes qui servent

à mesurer les différentes grandeurs se rattachant à la technique de la radiotélégraphie;

Considérant que les spécifications des longueurs d'onde, des portées, des différents degrés d'amortissement faites par la Conférence n'auraient aucune valeur pratique sans la détermination et la coordination des méthodes de mesure qui en permettent le contrôle;

La Conférence émet le vœu qu'il soit fait une entente internationale, afin qu'on puisse procéder à une coordination des méthodes et des appareils de mesure des grandeurs qui se rapportent à la technique de la radiotélégraphie.

VII. — Communication a l'Association internationale des Académies.

28. La Conférence prie l'Académie des Sciences de Paris de bien vouloir soumettre à l'Association internationale des Académies, en l'appuyant, le projet de création d'une *Commission internationale de l'Heure*, conformément au vœu émis par cette Association internationale réunie à Londres en 1904.

M. **Ch. Lallemand** (1) fait hommage à l'Académie d'un exemplaire du *Projet d'organisation d'un Service international de l'heure*, qu'au nom du Bureau des Longitudes il a présenté à la *Conférence internationale de l'heure*.

Il y joint quelques explications sur la genèse et la portée de ce projet.

Le haut intérêt, dit-il, d'une heure uniforme adoptée, sur toute la Terre, pour les observations scientifiques où le temps intervient, est depuis longtemps reconnu. L'explorateur et le marin, notamment, obtiendront, en cours de voyage, leur longitude en comparant cette heure avec l'heure locale déterminée par eux.

Dès 1883, à Rome, l'Association géodésique européenne choisissait, en principe, le méridien de Greenwich comme *origine des longitudes* et l'heure de ce méridien comme *heure universelle*. L'année suivante, à Washington, une Conférence diplomatique ratifiait ce choix, à la presque unanimité des suffrages des États représentés.

Mais l'emploi d'une heure unique pour tout le globe étant inconciliable avec les conditions journalières de la vie, étroitement réglées en chaque

(1) Communication faite dans la séance du 28 octobre 1912.

lieu, comme on sait, par la marche du Soleil relativement à l'horizon, ce choix fût resté lettre morte si le système des *fuseaux horaires*, adopté en un quart de siècle par la majeure partie du monde civilisé, n'était venu apporter, du problème, une élégante solution, conciliant à la fois les intérêts de la Science avec les besoins de la vie courante.

Dans chaque fuseau, en effet, l'heure uniformément adoptée est celle de Greenwich, augmentée, suivant le cas, de 1, 2, 3, ..., 22 ou 23 unités. Il faut donc pouvoir connaître exactement, partout, et conserver l'heure de Greenwich. Or quand, ainsi qu'il arrive parfois en hiver dans nos climats, un observatoire est resté plusieurs semaines sans voir le ciel, l'erreur de sa pendule directrice peut atteindre quelques secondes et dépasser ainsi la limite admissible pour nombre d'observations scientifiques.

L'adhésion de la France au système des fuseaux horaires, par la loi du 9 mars 1911, a fait disparaître l'un des derniers obstacles moraux à l'organisation d'un Service international, qui serait chargé de la détermination quotidienne et de la transmission universelle de l'heure exacte.

Mais il y avait aussi des difficultés matérielles à vaincre.

Transmettre, en effet, une heure uniforme sur tous les points du globe est une généralisation du problème consistant à faire battre à l'unisson deux pendules situés en des lieux très éloignés l'un de l'autre. La solution de ce problème exige essentiellement qu'on dispose d'un *signal instantané*, perceptible à la fois dans les deux stations.

Ce signal, autrefois, ne pouvait guère être fourni que par certains phénomènes astronomiques, comme l'occultation des étoiles par la Lune. Mais il fallait que celle-ci fût visible en même temps des deux stations et que les nuages ne vinssent pas la cacher à l'instant même de l'observation. Par suite des irrégularités du bord du disque lunaire, l'erreur n'était, d'ailleurs, jamais inférieure à plusieurs secondes.

Le télégraphe ordinaire et le téléphone, permettant l'échange répété de signaux pratiquement instantanés, sont venus, ensuite, apporter une solution meilleure. Mais elle supposait l'existence d'un fil métallique continu, reliant directement les deux stations; de plus, lorsque ce fil traversait une étendue de mer un peu grande, l'erreur de transmission pouvait encore atteindre quelques dixièmes de seconde, chiffre trop élevé pour les mesures de longitudes, par exemple.

Bref, il y a une quinzaine d'années encore, vouloir unifier l'heure sur le globe entier eût semblé une entreprise chimérique.

Il n'en est plus de même aujourd'hui, où la télégraphie sans fil permet d'envoyer, à des distances de plusieurs milliers de kilomètres et avec une

précision de quelques centièmes de seconde, des signaux dans toutes les directions à la fois.

Pour obtenir l'unification désirée, il faut seulement, de la part des pays intéressés, une entente portant sur la détermination de l'heure unique et sur son mode de transmission. Le Bureau des Longitudes a pensé que le moment était venu de provoquer cette entente. Dans ce but et sur sa demande, une Conférence internationale, réunie à Paris, vient d'examiner le projet suivant, dont une expérience préalable de quelques mois, réalisée avec le concours d'observatoires français et étrangers, avait permis d'éprouver la valeur pratique :

Un certain nombre d'observatoires affiliés, répartis dans la zone d'action d'une puissante station radiotélégraphique et dont les longitudes relatives sont parfaitement connues, déterminent, par des observations astronomiques, l'heure locale avec toute la précision possible et en déduisent, avec l'erreur de marche de leurs pendules, l'heure correspondante de Greenwich.

D'autre part, une fois par jour et à une heure toujours la même, la station radiotélégraphique émet une série de signaux rythmés, espacés d'un peu moins d'une seconde et formant ainsi, dans l'espace, une sorte de *vernier acoustique*. Chaque observatoire compare à ces signaux les battements, rigoureusement espacés d'une seconde, de sa pendule directrice et note les coïncidences, exactement comme, dans une mesure d'angle, faite au théodolite, on note, le cas échéant, la coïncidence d'un trait du cercle divisé avec un trait du vernier placé en regard.

Transmises par le télégraphe ordinaire à un *Bureau central*, placé sous l'autorité d'une Commission internationale et solidaire de la station émettrice des signaux, ces indications permettent de calculer, en temps de Greenwich, l'heure moyenne la plus probable du premier des signaux rythmés. Cette heure est aussitôt, par voie radiotélégraphique, portée à la connaissance des observatoires affiliés, qui en déduisent la correction à faire subir à leur pendule pour qu'elle marque l'*heure internationale*.

Dans ses grandes lignes, ce projet a été unanimement adopté par la Conférence. En outre, sur la proposition du chef de la délégation allemande, M. le professeur W. Fœrster, Paris a été choisi comme siège du futur *Bureau international de l'Heure*, avec la tour Eiffel comme poste central de signaux, huit stations auxiliaires, réparties sur le globe, devant recevoir de celle-ci l'heure universelle à transmettre ensuite autour d'elles.

Devant ces importants résultats, le Bureau des Longitudes, semble-t-il, peut justement s'applaudir de l'initiative qu'il a prise.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème du dernier multiplicateur de Jacobi, rattaché à la formule dite d'Ostrogradsky ou de Green.* Note de M. **Paul Appell.**

Je ne sais s'il a été remarqué que le théorème de Jacobi, sur le dernier multiplicateur, peut être déduit de la formule dite *d'Ostrogradsky* ou de *Green* [1].

Considérons un champ de forces donné, dans lequel la force F appliquée au point (x, y, z) a pour projections X, Y, Z. Pour obtenir les lignes de forces, il faut intégrer les équations simultanées

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z}. \tag{1}$$

Le multiplicateur M de Jacobi (*Vorlesungen über Dynamik*, Zehnte Vorlesung) est caractérisé par l'équation

$$\frac{\partial(MX)}{\partial x} + \frac{\partial(MY)}{\partial y} + \frac{\partial(MZ)}{\partial z} = 0,$$

qui exprime que la *divergence* du vecteur MX, MY, MZ est *nulle*. D'après la formule d'Ostrogradsky ou de Green, on a donc, en prenant une surface fermée S dans laquelle les fonctions MX, MY, MZ remplissent les conditions d'uniformité et de continuité requises,

$$\int_S MF_n \, d\sigma = 0, \tag{2}$$

l'intégrale étant étendue aux éléments $d\sigma$ de la surface S et F_n désignant la projection du vecteur F sur la normale extérieure à $d\sigma$.

Cela posé, supposons qu'on ait trouvé une intégrale première des équations (1)

$$\varphi(x, y, z) = \beta; \tag{Σ}$$

la surface Σ ainsi définie est une surface de forces; on a identiquement

$$X\frac{\partial\varphi}{\partial x} + Y\frac{\partial\varphi}{\partial y} + Z\frac{\partial\varphi}{\partial z} = 0. \tag{3}$$

[1] Voir pour cette formule, le *Traité d'Analye* de M. Emile Picard, t. I, Chap. V, ou le *Cours d'Analyse* de M. Humbert, t. II, Chap. II, ou mon *Traité de Mécanique rationnelle*, t. III, Chap. XXVIII.

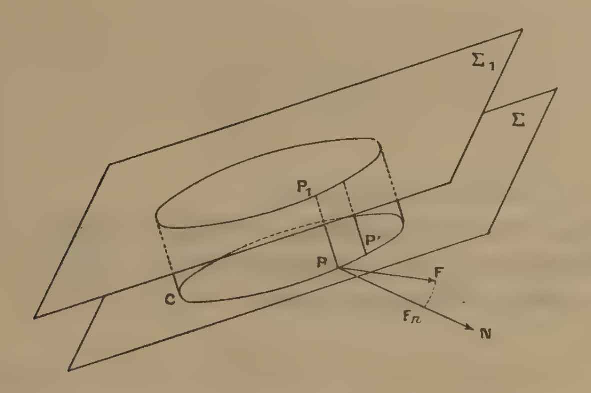
Pour achever l'intégration des équations (1), il faudrait trouver les lignes de forces situées sur Σ. Il est facile de voir que ces lignes sont définies par l'équation (Σ) associée à l'équation

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ X & Y & Z \\ \frac{\partial\varphi}{\partial x} & \frac{\partial\varphi}{\partial y} & \frac{\partial\varphi}{\partial z} \end{vmatrix} = 0.$$

Considérons alors la surface Σ et la surface Σ_1 infiniment voisines

$$(\Sigma_1) \qquad \varphi(x, y, z) = \beta + d\beta \qquad (d\beta > 0).$$

Traçons sur Σ une courbe fermée *quelconque* C et, en chaque point P de cette courbe, menons à Σ la normale PP_1 limitée à Σ_1, de façon à former



une sorte de cylindre, dont les bases sont sur Σ et Σ_1 et dont la surface latérale est constituée par la suite des normales PP_1. Appliquons la formule (2) à la surface limitant ce volume. Sur les deux bases F_n est nul : il ne subsiste donc, dans l'intégrale (2), que la partie relative à la surface latérale. Pour l'écrire, appelons α, β, γ les cosinus directeurs de la normale PN en P à la surface latérale, dx, dy, dz les projections d'un élément $PP' = ds$ de la ligne C, et R la quantité

$$\sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}.$$

On a, en faisant $PP_1 = dn$,

$$R = \frac{d\beta}{dn}, \qquad d\sigma = ds\, dn = \frac{ds\, d\beta}{R};$$

puis, comme le trièdre PP_1, PP', PN est trirectangle,

$$\alpha = \frac{1}{R\,ds}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}dz - \frac{\partial\varphi}{\partial z}dy\right), \qquad \beta = \frac{1}{R\,ds}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}dx - \frac{\partial\varphi}{\partial x}dz\right),$$
$$\gamma = \frac{1}{R\,ds}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}dy - \frac{\partial\varphi}{\partial y}dx\right).$$

La composante normale F_n de la force F est alors

$$F_n = \alpha X + \beta Y + \gamma Z = \frac{1}{R\,ds}\begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ X & Y & Z \\ \frac{\partial\varphi}{\partial x} & \frac{\partial\varphi}{\partial y} & \frac{\partial\varphi}{\partial z}\end{vmatrix},$$

et l'équation (2) donne, en supprimant le facteur $d\beta$,

$$\int_C \frac{M}{R^2}\begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ X & Y & Z \\ \frac{\partial\varphi}{\partial x} & \frac{\partial\varphi}{\partial y} & \frac{\partial\varphi}{\partial z}\end{vmatrix} = 0,$$

où l'intégrale est prise le long de la ligne C.

Cette équation ayant lieu *quelle que soit la ligne fermée C sur la surface* Σ, l'élément différentiel est, sur Σ, une différentielle totale.

Donc x, y, z *étant liés par la relation*

(5) $$\varphi(x, y, z) = \beta,$$

$\frac{M}{R^2}$ *est un facteur intégrant pour l'équation différentielle* (4) *qui achève de déterminer les lignes de forces*. C'est le théorème de Jacobi, sous une forme symétrique par rapport aux trois variables.

On obtient la forme donnée par Jacobi, en éliminant une des trois variables x, y, z à l'aide de l'équation (5). Pour éliminer z, par exemple, remplaçons la dernière colonne du déterminant par la colonne obtenue en multipliant les éléments des deux premières colonnes par

$$\frac{\frac{\partial\varphi}{\partial x}}{\frac{\partial\varphi}{\partial z}} \quad \text{et} \quad \frac{\frac{\partial\varphi}{\partial y}}{\frac{\partial\varphi}{\partial z}},$$

respectivement, et en les ajoutant à ceux de la troisième; on voit que le

déterminant devient

$$\frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial z}}\begin{vmatrix} dx & dy & 0 \\ X & Y & 0 \\ \frac{\partial\varphi}{\partial x} & \frac{\partial\varphi}{\partial y} & R^2 \end{vmatrix} = \frac{R^2}{\frac{\partial\varphi}{\partial z}}(Y\,dx - X\,dy).$$

En multipliant par le facteur intégrant $\frac{M}{R^2}$, on trouve l'énoncé de Jacobi, à savoir que l'expression

$$\frac{M}{\frac{\partial\varphi}{\partial z}}(Y\,dx - X\,dy)$$

est une différentielle exacte, quand z y est remplacé par sa valeur tirée de l'intégrale (5).

L'extension de ces considérations au cas de n variables est, d'un autre côté, en rapport avec la théorie des invariants intégraux de Poincaré, comme on pourra s'en rendre compte par les indications sommaires données sur cette théorie, dans le Chapitre XXV du Tome II de mon *Traité de Mécanique rationnelle*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la détermination des quotients respiratoires.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

La détermination du rapport $\frac{CO^2}{O}$ réel, dans les échanges respiratoires, constitue un problème difficile à résoudre, surtout parce que l'émission du gaz carbonique et l'absorption concomitante d'oxygène ne sont pas rigoureusement simultanées. Elles ne peuvent d'ailleurs jamais l'être, car l'acide carbonique, 30 fois plus soluble que l'oxygène, ne peut sortir des tissus où il se forme à l'état dissous que grâce à une sursaturation qui élève encore, dans une mesure inconnue, sa solubilité apparente. Pour être exacte, la technique opératoire doit donc : ou bien extraire, au début et à la fin de chaque expérience, la totalité des gaz dissous et occlus (ceux-ci étant toujours peu abondants sont en général négligeables), ou bien laisser l'organe étudié dans un état final identique à son état initial.

Boussingault d'abord, puis Dehérain et Maquenne [1], ont à plusieurs

[1] *Annales agronomiques*, t. XII, 1886, p. 145.

reprises appelé l'attention des expérimentateurs sur ce point; Tissot a également insisté sur le rôle perturbateur que l'acide carbonique préformé joue dans les recherches relatives à la respiration animale; bref, il y a là une difficulté sérieuse, qui est commune aux deux règnes, et ne peut être vaincue que par l'emploi d'un mode d'expérimentation approprié à ce but spécial. C'est pour cela que le choix de la méthode est de première importance dans tous les travaux de ce genre.

En ce qui concerne la respiration végétale, il en est une qui semble irréprochable : c'est la méthode de Wolkoff et Mayer, qui est trop connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire à nouveau ici; malheureusement elle est d'une application délicate et ne se prête guère aux observations faites en série. La méthode du vide, préconisée autrefois par Dehérain et Maquenne, est incontestablement l'une des meilleures et des plus rapides; cependant elle n'est pas exempte de certaines imperfections sur lesquelles nous aurons à revenir; celle du courant d'air continu, telle que l'ont pratiquée Rischawi et d'autres, ne donne que l'acide carbonique et par conséquent laisse le rapport indéterminé. Aussi la plupart des expérimentateurs se sont-ils ralliés autour de la méthode dite *de l'air confiné* qui, lorsqu'elle est bien conduite, est susceptible de fournir des nombres comparatifs utilisables, mais dans tous les cas est inapte à faire connaître seule la véritable valeur du quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O}$.

Les résultats qu'elle donne sont des coefficients *apparents*, quelquefois très éloignés du rapport réel : on sait pourquoi et il est inutile de le rappeler à nouveau; cependant la méthode de l'air confiné présente, par la nature même de ses indications toutes spéciales, un certain nombre de points intéressants qu'il nous a paru utile de mettre en lumière par une étude théorique et expérimentale approfondie.

Soit un vase de volume intérieur V dans lequel on a introduit un volume v de feuilles, dont nous supposerons la densité égale à celle de l'eau et le quotient respiratoire réel égal à 1. Appelons *densité de chargement* le rapport $\delta = \frac{v}{V}$ et désignons par a le volume total, mesuré sous la pression ordinaire, de l'acide carbonique produit dans l'unité de temps.

Soient enfin c le coefficient d'absorption du gaz carbonique par les feuilles, x et y les richesses centésimales en acide carbonique et en oxygène de l'atmosphère confinée au bout du temps t.

Il est clair, si l'on fait abstraction des solubilités négligeables de l'oxygène

et de l'azote, que le volume dont disposent ces deux gaz est égal à $V(1-\delta)$, tandis que celui qui est offert à l'acide carbonique est

$$V(1-\delta) + Vc\delta = V(1-\delta+c\delta).$$

A l'époque t la pression partielle du gaz carbonique dans l'atmosphère extérieure aux feuilles sera donc $\frac{at}{V(1-\delta+c\delta)}$, celle de l'oxygène $\frac{0,2096\,V(1-\delta)-at}{V(1-\delta)}$ et celle de l'azote, qui reste invariable, 0,7904.

On tire de là

$$x = \frac{at(1-\delta)}{V(1-\delta)(1-\delta+c\delta)-ac\,\delta t} \quad \text{et} \quad y = \frac{[0,2096\,V(1-\delta)-at](1-\delta+c\delta)}{V(1-\delta)(1-\delta+c\delta)-ac\,\delta t},$$

équations qui permettent de calculer la composition du gaz confiné à un

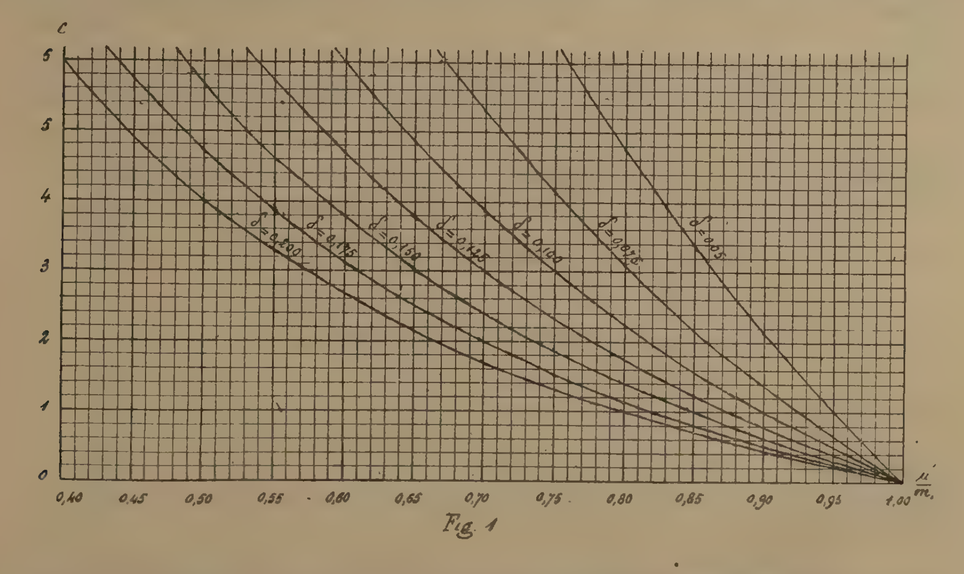


Fig. 1

instant quelconque. Nous avons dressé des Tables détaillées de toutes ces valeurs pour le cas où $a = 2^{\text{cm}^3}$, $c = 2$ et $\delta = 0,1$ ou $0,2$, qui nous ont rendu les plus grands services au cours de ces recherches.

D'autre part, le volume d'oxygène absorbé étant égal à at, le coefficient respiratoire *apparent*, c'est-à-dire celui que donne l'analyse d'un échantillon de gaz prélevé dans l'appareil, est $\mu = \frac{1-\delta}{1-\delta+c\delta}$ et, plus généralement, si le quotient respiratoire réel a pour valeur m au lieu d'être égal à

l'unité, $\mu = m \frac{1-\delta}{1-\delta+c\delta}$, d'où

$$c = \left(\frac{1}{\delta} - 1\right)\left(\frac{m}{\mu} - 1\right).$$

On voit que tant que $c > 0$, le coefficient respiratoire apparent restera inférieur au coefficient respiratoire réel d'une quantité qui, indépendante du temps, est fonction de la densité de chargement et du coefficient de solubilité de l'acide carbonique dans le suc cellulaire : c'est ainsi que pour $m = 1$, $c = 2$ et $\delta = 0,1$ ou $0,2$, on trouve respectivement $\mu_1 = 0,82$ et $\mu_2 = 0,67$, nombres extrêmement éloignés du coefficient réel et que l'expérience confirme de la façon la plus remarquable.

Il est facile de représenter tous ces résultats par des courbes (*fig.* 1) et même de les rassembler en un abaque qui donne immédiatement les valeurs de deux des nombres c, m, μ_1 et μ_2 quand on connaît les deux autres (*fig.* 2);

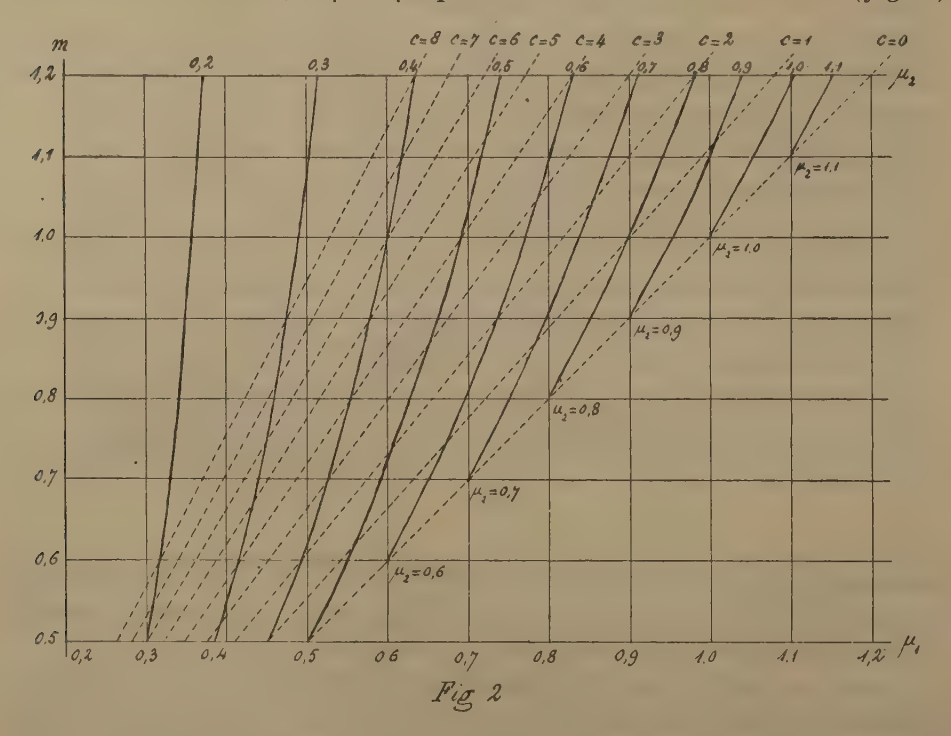


Fig 2

mais avant de passer aux vérifications, il importe de savoir comment on peut trouver correctement les valeurs de μ, dont la connaissance, ainsi qu'on va le voir, n'est pas dénuée d'intérêt.

Détermination des coefficients respiratoires apparents. — Le nombre c étant sous la dépendance immédiate de la température, il est évident que celle-ci devra toujours être maintenue rigoureusement invariable pendant toute la durée de l'opération. Deux méthodes peuvent alors être employées qui paraissent également précises.

La première consiste à réunir par leurs extrémités recourbées deux tubes parallèles dont l'un renferme les feuilles et l'autre du mercure; le tout étant plongé dans un bain d'eau à température constante, il suffit, à la fin de l'expérience, de retourner le système pour avoir dans le tube primitivement plein de mercure un échantillon du gaz extérieur aux feuilles. L'autre méthode consiste à faire communiquer le tube à respiration avec un autre, plus petit et fermé par un bon robinet, dans lequel on a préalablement fait le vide; par la brusque ouverture du robinet on peut alors, au moment voulu, faire ce que nous appelons une *prise de gaz instantanée*, dont l'analyse fera connaître, comme ci-dessus, la valeur cherchée de μ. C'est à peu de chose près la marche suivie par tous les observateurs qui ont fait usage de la méthode de l'air confiné; on a seulement supprimé le brassage des gaz qui serait ici plus nuisible qu'utile.

Les quelques chiffres qui suivent donneront une idée de la concordance des résultats obtenus par ces deux méthodes.

Fusain du Japon.

	Valeurs de μ.			
	$\delta = 0,2$ à 20°.	$\delta = 0,1$ à 25°.	$\delta = 0,2$ à 25°.	$\delta = 0,1$ à 35°.
Retournement.........	0,69	0,87	0,74	0,95
Prise instantanée........	0,71	0,88	0,73	0,93

On voit combien est grande l'erreur que l'on commettrait en prenant ces nombres les uns pour les autres et surtout en les confondant avec le coefficient respiratoire réel, qui est supérieur à l'unité et reste constant dans les limites où la respiration elle-même est constante.

C'est seulement avec une densité de chargement très faible, voisine, par exemple, de 0,02, que le coefficient respiratoire apparent se rapproche du rapport réel et, si l'on ne tient pas compte de cette particularité, on s'expose à trouver des nombres trop faibles, d'une quantité qui peut atteindre, pour une forte densité de chargement, jusqu'à 50 pour 100 de leur valeur intrinsèque.

En portant les grandeurs précédentes et d'autres obtenues de la même manière sur l'abaque dont nous venons de parler, on trouve

	m.	c.
Pour 8°........................	1,00	2,4
Pour 25........................	1,03	1,5
Pour 35........................	1,05	0,9

L'observation directe avait donné pour m, aux mêmes époques (décembre-janvier), les valeurs 1,00; 1,04 et 1,07; l'accord est donc aussi satisfaisant que possible entre l'expérience et la théorie.

Détermination du coefficient d'absorption de l'acide carbonique par les feuilles. — A l'aide de ces données et de l'équation que nous avons établie ci-dessus il est facile de déterminer la valeur approximative du nombre c; nous avons ainsi trouvé, comme moyennes d'un grand nombre d'expériences :

	T.	m.	c.	Solubilité de CO^2 dans l'eau s.	Rapport $\frac{c}{s}$.
Fusain (hiver)......	8°	1,00	2,41	1,25	1,93
	20	1,04	1,88	0,85	2,21
	25	1,05	1,51	0,73	2,07
	35	1,09	0,81	0,53	1,53
Oseille.............	8	1,00	3,52	1,25	2,81
Chrysanthème......	7	1,02	2,78	1,32	2,10

A toute température et pour les espèces étudiées, le coefficient d'absorption de l'acide carbonique par les feuilles est donc, en nombre rond, à peu près double du coefficient de solubilité du même gaz dans l'eau pure. La sursaturation des tissus qui respirent se trouve ainsi largement démontrée, confirmant en cela l'exactitude de nos prévisions.

Les calculs précédents supposent que la feuille se met en équilibre instantanément avec l'atmosphère ambiante, condition qui ne peut être remplie que si son parenchyme est mince et facilement perméable aux gaz. Dans le cas des organes charnus, comme on en rencontre chez les plantes grasses et les animaux, il se produira nécessairement un retard à la sortie de l'acide carbonique, qui viendra encore accroître cette sursaturation et ajouter au phénomène une complication de plus; on verra bientôt comment nous avons réussi à l'éluder par l'emploi d'une méthode expérimentale nouvelle.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des Schistes lustrés des Alpes franco-italiennes.* Note de MM. **W. Kilian** et **Ch. Pussenot.**

On sait qu'en 1894 Marcel Bertrand ([1]) signalait à la montagne de Pichery (Haute-Tarentaise) le passage latéral des Schistes lustrés de la Grande-Sassière aux *Marbres phylliteux* du Trias moyen. Depuis lors, les belles recherches de M. S. Franchi ([2]) ont montré, en un certain nombre de points des Alpes piémontaises, les Schistes lustrés contenant des *Bélemnites* et reposant sur des calcaires triasiques dont la faune indique le Trias supérieur (niveau à *Worthenia solitaria*).

Plus récemment le même auteur ([3]) a constaté la présence du Rhétien fossilifère à la base de ces Schistes au Pas de la Mulatière et au Pas de l'Ours sur la frontière briançonnaise.

L'un de nous a également indiqué, en collaboration avec MM. Franchi et P. Lory ([4]),

---

([1]) Marcel Bertrand, *Études dans les Alpes françaises* (*Bull. Soc. géol.*, 3e série, t. XXII, 1894, p. 128). L'un de nous (W. K.) a eu l'occasion de vérifier récemment, en compagnie de MM. Pierre Lory et Maurice Gignoux, la parfaite exactitude des observations de Marcel Bertrand à Pichery : la partie inférieure des Schistes lustrés passe latéralement et *sans contestations possibles* aux calcaires phylliteux du Trias moyen, dont les bancs alternent avec des Schistes lustrés, près du lac de Plan-Cheval.

Il est à remarquer, toutefois, que les Schistes lustrés à *roches vertes*, de la Grande-Sassière ont une épaisseur considérable et que *ce n'est que leur portion inférieure qui passe latéralement au Trias* de Pichery, la partie principale de ces Schistes pouvant fort bien représenter des niveaux mésozoïques plus élevés.

Il est d'ailleurs facile de voir dans la haute vallée de l'Isère, et à peu de distance du nord-est de Pichery, dans le défilé de Malpasset, sur le flanc opposé de l'Anticlinal du Dôme, le facies *Schistes lustrés* débuter bien plus haut et succéder à une série de dolomies et de *marbres zonés* dont une partie est peut-être jurassique (W. K.) et qui sont identiques à ceux du col de Dormilhouze, dans le Briançonnais oriental.

([2]) S. Franchi, *Sull'età mesozoïca della zona delle Pietre Verdi nelle Alpi occidentali* (*Boll. del R. Com. geol. d'Italia*, 1898, nos 3 et 4). Voir aussi un excellent résumé de la question dans Taramelli e Parona, *Sull' età da assegnare alla zona delle Pietre Verdi nella Carta geologica delle Alpi occidentali* (*Ibid.*, t. XLII, 1911, n° 1).

([3]) Franchi, *Il Retico quale zona di transizione fra la Dolomia principale ed il Lias a facies piemontese calcescisti con Belemniti e Pietre Verdi, nell' alta valle di Susa* (*Boll. del R. Com. geol. d'Italia*, t. XLI, 1910, fasc. 3).

([4]) Kilian, Franchi et P. Lory, *Bull. Serv. Carte géol. et top. souterr. : C. R. des Collab.*, 1907-1908.

puis avec M. Ch. Jacob ([1]), les relations étroites qui existent aux environs de Courmayeur, du Col de la Seigne et des Chapieux entre les Schistes lustrés et le type bréchoïde et cristallin du *Lias* tel qu'il existe en Tarentaise (Villette, Étroits du Ciex). Des brèches polygéniques se montrent en intercalations nombreuses au-dessus des calcaires liasiques et à la base de la série schisteuse, près des Chapieux. L'un de nous (Ch. P.) a retrouvé des brèches analogues en relation avec le Rhétien qui supporte la série schisteuse à la Cime de la Charvie et à la Turge de Pérou, près de Cervières.

Nous venons de constater l'existence dans le complexe de ces mêmes Schistes lustrés, de représentants incontestables de Jurassique moyen et supérieur au Pas de la Mulatière, près du Pas de l'Ours, ainsi qu'au Lasseron et au Gondran dans le Briançonnais.

En se dirigeant vers l'Est, on voit, en effet, les calcaires noirs à Nérinées, *Rhynchonella Hopkinsi* M'Coy ([2]) découvert par l'un de nous (Ch. Pussenot) en de nombreux points du Briançonnais (l'Eulon, la Cochette, etc.), et continuant l'horizon des calcaires noirs à *Alectrionya costata* Sow., reconnus à la Mortice et à Escreins (W. Kilian, 1898), devenir moins massifs, prendre à l'est de la Clarée une allure schisteuse et s'intercaler au Pas de la Mulatière dans la masse des Schistes lustrés, au-dessous du Rhétien et du Trias renversés et au-dessus de bancs lustrés qui représentent le Malm.

On observe également en effet qu'à l'est de Briançon les marbres roses, blancs ou noirâtres de l'horizon de Guillestre (Jurassique supérieur) encore très bien caractérisés à l'Enlon, à Malafosse, à l'Infernet, subissent une modification progressive lorsqu'on se dirige vers l'Est: on y voit apparaître des bandes siliceuses ([3]) (l'Enlon, le Creuset, Pont Baldy, près Briançon), d'un aspect tacheté très particulier, les marbres deviennent plus cristallins, rubanés et zonés [ils ont été distingués sur la feuille de Briançon de la Carte géologique par une teinte spéciale près du col de Dormilhouze et rapportés provisoirement et *avec doute* au Trias (T) par l'un de nous (W. K.)] et l'on peut les suivre *sans discontinuité* jusque dans la zone des Schistes lustrés au milieu

---

([1]) Kilian et Jacob, *Comptes rendus*, t. 154, p. 802.

([2]) Pussenot, *Bull. Serv. Carte géol. : C. R. des Collab.*, t. XX, 1909-1910.

([3]) L'examen microscopique d'une série de préparations d'échantillons prélevés dans ces zones *siliceuses* ne m'a permis, jusqu'à présent, de reconnaître de restes organisés que dans les marbres schisteux du Pas de la Mulatière où abondent des traces très nettes en forme de sphérules attribuables (avec doute) à des *Radiolaires*. Dans les autres échantillons la recristallisation (calcite et quartz) a malheureusement effacé tout vestige d'éléments figurés. Nous poursuivons, néanmoins, ces recherches, car ces zones siliceuses sont à rapprocher de celles du mont Cruzeau près de Bousson (Cézanne) dans lesquelles M. Paroua a rencontré une faune de Radiolaires et qui sont intercalés dans les Schistes lustrés. Les schistes du mont Cruzeau appartiendraient au Jurassique supérieur comme la *Radiolarite* de certaines nappes suisses.

desquels on les retrouve avec leurs teintes roses et verdâtres et leurs bandes siliceuses (Pas de la Mulatière, Flanc nord-ouest du Lasseron, etc.).

Les marbres en plaquettes (E. J. de la feuille de Briançon) qui n'ont fourni que des *Puloinulina* et des *Globigerina* peu caractéristiques subissent une transformation analogue et se montrent d'ailleurs indissolublement liés à l'assise précédente par leur base et parfois par des passages latéraux; nous les croyons mésozoïques, au moins en grande partie.

Enfin, les assises argilo-schisteuses foncées que supportent près de Briançon ces *Marbres en plaquettes* et qui ont été rapportés au *Flysch* (Item) sur la feuille de Briançon, bien que rien ne prouve, dans cette région où l'on n'a jamais signalé de dépôts nummulitiques fossilifères à l'est de Montdauphin, d'une façon certaine leur âge *éogène* et qu'elles soient parfois étroitement liées par des passages en apparence insensibles aux Marbres en plaquettes, vont également se fondre vers l'Est dans la masse puissante des Schistes lustrés dont ils forment la partie supérieure plus feuilletée et plus argileuse, portion *pétrographiquement bien distincte* (Gondran) de la masse plus calcaire des Schistes lustrés du Piémont qui semble d'ailleurs localisée aux environs de Briançon [1] et dans quelques synclinaux de la zone du Piémont.

En résumé, on peut distinguer dans l'ensemble désigné sous le nom de *Schistes lustrés du Piémont* deux parties distinctes, à savoir :

a. Une série sédimentaire de facies spécial à laquelle le double effet d'une sorte de métamorphisme régional avec intrusions éruptives basiques (pietre verdi) et d'une déformation mécanique (laminage) énergique a donné un caractère particulier et qui, suivant les points considérés, débute dès le Trias moyen (Pichery), le Rhétien ou le Lias (massif du Chaberton) et comprend le facies schisteux du Jurassique moyen, du Jurassique supérieur (Pas de la Mulatière, Flanc nord du Lasseron) et l'équivalent d'une partie des *Marbres en plaquettes* du Briançonnais qui représentent le sommet de la série mésozoïque.

Les intrusions de *roches vertes*, fréquemment transformées en véritables micaschistes par les actions dynamiques, sont limitées à cette première série dont elles forment un des éléments les plus caractéristiques.

---

(1) L'un de nous (Ch. Pussenot) avait, avant les explorations communes qui ont confirmé ses observations, *Comptes rendus Collab. pour* 1911 (*Bull. Serv. Carte géol.*, t. XXI, n° 132, p. 663), énoncé quelques-uns de ces faits, dans les termes suivants :

« Il résulte de ces constatations que le Bathonien, le Malm, les Marbres en plaquettes et le Flysch (Item de la Carte) si identiques à eux-mêmes du col des Rochilles au Queyras, comme on le sait, perdent par degrés leur individualité à l'est d'une ligne qui joint le col d'Isoard au col des Thures pour se fondre en une série unique et d'une remarquable uniformité pétrographique connue sous le nom de *Schistes lustrés du Piémont* et à la base de laquelle viennent s'ajouter le Rhétien supérieur et l'Hettangien ».

Des intrusions semblables s'observent d'ailleurs plus à l'Ouest *dans le* facies *Briançonnais normal* du Trias (Chaberton, Rio Secco, Pichery), du Rhétien (Lasseron) et du Malm (Val-des-Prés, versant nord-est du Lasseron); elles viennent, comme aussi la *continuité de facies des calcaires triasiques dans la série briançonnaise et dans le substratum des Schistes lustrés voisins*, attester ainsi la solidarité étroite qui relie près de Briançon la zone du Briançonnais proprement dite à la partie voisine de la zone du Piémont *sans qu'il soit possible de trouver entre les deux la trace d'aucune ligne de discontinuité ou de charriage de quelque importance* [1].

b. Une série de facies assez analogue à la précédente, mais formée d'assises moins calcaires, plus feuilletées et plus argileuses, coupée de bancs brunâtres siliceux ou gréseux et rappelant vivement le Flysch de l'Embrunais auquel elle passe insensiblement vers l'Ouest et les Schistes brunâtres qui succèdent près de Briançon aux *Marbres en plaquettes*; son âge ne peut être qu'éogène.

Cette série, qui s'observe superposée à la précédente en plusieurs points des environs de Briançon et notamment au Gondran et dans le massif de Prorel, *ne contient les roches vertes qu'en galets* formant les brèches signalées par l'un de nous dès 1889 à l'Alpet et retrouvées dans le Flysch éogène incontestable des environs de Mont-Dauphin ainsi que les brèches de l'Eychouda décrites par M. Termier et dans lesquelles l'un de nous a signalé des galets de Jurassique supérieur. Elle paraît posséder une importance beaucoup moins grande que la série *a* et se montrer localisée dans le Briançonnais où elle occupe quelques replis synclinaux de la série précédente. Le fait que les roches vertes de la série précédente, et les gneiss et les micaschistes basiques qui en dérivent par dynamométamorphisme, s'y rencontrent à l'état remanié (Alpet, Eychouda) conduit *nécessairement* à conclure qu'*entre les deux séries se place une interruption de sédimentation* et une *phase* importante de *mouvements organiques*, elle-même antérieure d'ailleurs au plissement de la zone briançonnaise.

Il résulte de ces faits que si l'on peut appliquer, avec M. Termier, aux Schistes lustrés l'expression suggestive de série *compréhensive*, il importe de spécifier que, dans les Alpes franco-italiennes, cette série *n'est réellement compréhensive que pour les assises mésozoïques* [2] (Trias-Marbres en plaquettes) et que la portion de ces Schistes, vraisemblablement plus restreinte et plus localisée (environs de Briançon) qui appartient au Tertiaire et n'a été confondue avec les précédents que par suite d'une analogie toute superficielle et *en est probablement séparée par une lacune stratigra-*

---

(1) Nous nous proposons de montrer cette continuité dans un prochain travail.

(2) Cette conclusion concorde avec la présence de fossiles crétacés dans les Schistes analogues de l'Appennin et du Rhætikon. Il serait important de délimiter les dépôts tertiaires (*Flysch*) qui ont été fréquemment (Rhætikon) confondus avec les véritables Schistes lustrés mésozoïques.

phique et une discordance importante dont les dislocations subséquentes ont sans doute effacé la trace.

Il nous a paru important, à l'heure actuelle où l'extension des Schistes lustrés dans les nappes des Alpes orientales et de la Corse a été mise en évidence, notamment par les travaux de M. Termier, d'attirer l'attention sur ces faits dont devra tenir compte à l'avenir tout essai de synthèse relatif à cette curieuse formation.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie d'un opuscule qu'il vient de publier, intitulé : *Compensation d'un réseau de nivellements par la méthode des coefficients indéterminés.*

M. **Julius Bernstein** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé : *Elektrobiologie.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie de scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Joannès Chatin*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Marchal	obtient	42	suffrages
M. Houssay	»	16	»
M. Charles Janet	»	1	suffrage
M. Joubin	»	1	»

M. **Marchal**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Discours sur l'évolution des connaissances en histoire naturelle*, par Georges Pennetier.

2° Une série de feuilles des *Cartes de France*, *Algérie*, *Tunisie*, *Maroc*. (Hommage du Service géographique de l'Armée.)

3° *Tables des poids de l'air* γ_t^b, *des équivalents barométriques* β_t^b *et de la gravité* g, par M. S. Riefler. (Présenté par M. B. Baillaud.)

4° *Traité de l'alimentation et de la nutrition à l'état normal et pathologique*, par M. E. Maurel. (Présenté par M. A. Gautier.)

[Renvoi à la Commission du prix Montyon (Médecine et Chirurgie), pour le Concours de 1913.]

MM. **H. Arsandaux**, **Maurice Bagros**, **L. Grimbert**, **Jules Wolff** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine des planètes et de leurs satellites.* Note de M. **Kr. Birkeland.**

Guidé par des analogies expérimentales, j'ai été amené à penser qu'il existe, dans les systèmes solaires en évolution, des forces d'origine électromagnétique du même ordre de grandeur que celle de la gravitation, et que ces forces agissant de concert ont donné naissance autour du Soleil à des planètes ayant des orbites presque circulaires, situées à peu près dans le même plan, à des lunes et à des anneaux autour des planètes, à des nébuleuses en forme d'anneaux ou de spirales.

Les lunes les plus éloignées, récemment découvertes près de Jupiter et de Saturne, avec leur révolution *rétrograde*, n'infirment pas cette théorie; au contraire, celle-ci nous suggère en effet que si de nouvelles planètes sont découvertes suffisamment loin de Neptune, elles devront avoir elles aussi, semblerait-il, une révolution rétrograde autour du Soleil.

Comme supposition fondamentale, je mets en fait que tous les soleils ont, par rapport à l'espace de l'Univers, une énorme tension électrique négative, qui diffère pour les différentes étoiles, mais qui, comme ordre de grandeur, tourne autour de 600 millions de volts pour notre Soleil et pour des soleils d'une classe semblable.

Au moyen d'analogies expérimentales, j'ai cherché à montrer comment un champ magnétique peut alors se former autour de l'étoile, avec son axe le long de l'axe de sa rotation, et comment des décharges électriques pro-

venant ensuite du corps central peuvent se produire de préférence autour du plan équatorial magnétique avec projection continuelle de particules matérielles électrisées, qui continuent leur course dans ce même plan.

L'examen mathématique nous amène à la conclusion que, pour des particules de ce genre dans le plan équatorial, il existe un certain nombre de cercles-limites, dont certains groupes de particules s'approcheront asymptotiquement, tandis que la plupart des particules retomberont sur le corps central, à moins que la forme de projection ne leur ait donné une vitesse suffisante pour qu'elles quittent complètement le système.

On peut démontrer que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une particule s'approche d'un cercle-limite ayant un rayon nr_0, quand $n > 1+\sqrt{2}$, est que les équations suivantes aient lieu pour une valeur ϑ entre -1 et $+1$:

$$(1) \qquad \frac{r_0 v_0^2}{-\mu} = 2 - \frac{1}{n} + \frac{1}{n(n+\vartheta\sqrt{2n+1})}$$

$$(2) \qquad \frac{v_0^2 r_0^4}{\lambda^2 M^2} = \left[2 - \frac{1}{n} + \frac{1}{n(n+\vartheta\sqrt{2n+1})}\right] \frac{(n+\vartheta\sqrt{2n+1})(n+1+\vartheta\sqrt{2n+1})}{n^3}$$

$$(3) \qquad l - 2 = n + \vartheta\sqrt{2n+1},$$

où

$$l = -kn, \qquad n = \frac{r}{r_0}, \qquad r_0^2 v_0 \sin\alpha_0 = \lambda M(1+k),$$

où r_0 est le rayon du corps central, v_0 la vitesse initiale sous l'angle α_0 de la particule et où λ, μ et M sont certaines constantes.

Nos équations nous amènent à ce résultat que des particules n'ayant qu'une petite masse par rapport à la charge électrique donneront lieu à des cercles-limites d'un *plus grand* rayon que des particules qui présentent une grosse masse par rapport à la charge. En outre, si l'on suppose toutes conditions égales d'ailleurs, les particules négatives s'approcheront en révolution rétrograde de cercles-limites d'un *plus grand* rayon que les particules positives, qui se meuvent en révolution directe vers leurs cercles-limites, pourvu que le Soleil soit aimanté à l'opposé de la Terre (voir *Comptes rendus*, 24 janvier 1910).

Les particules qui s'approchent d'un cercle-limite peuvent continuer à se mouvoir là pendant tout le temps. Il est cependant probable qu'elles s'amassent en globules de plus en plus grandes, qui à la fin formeront une planète, la charge électrique dans les particules primitives devant se perdre.

Si la charge des particules disparaît *subitement*, l'analyse montre que les

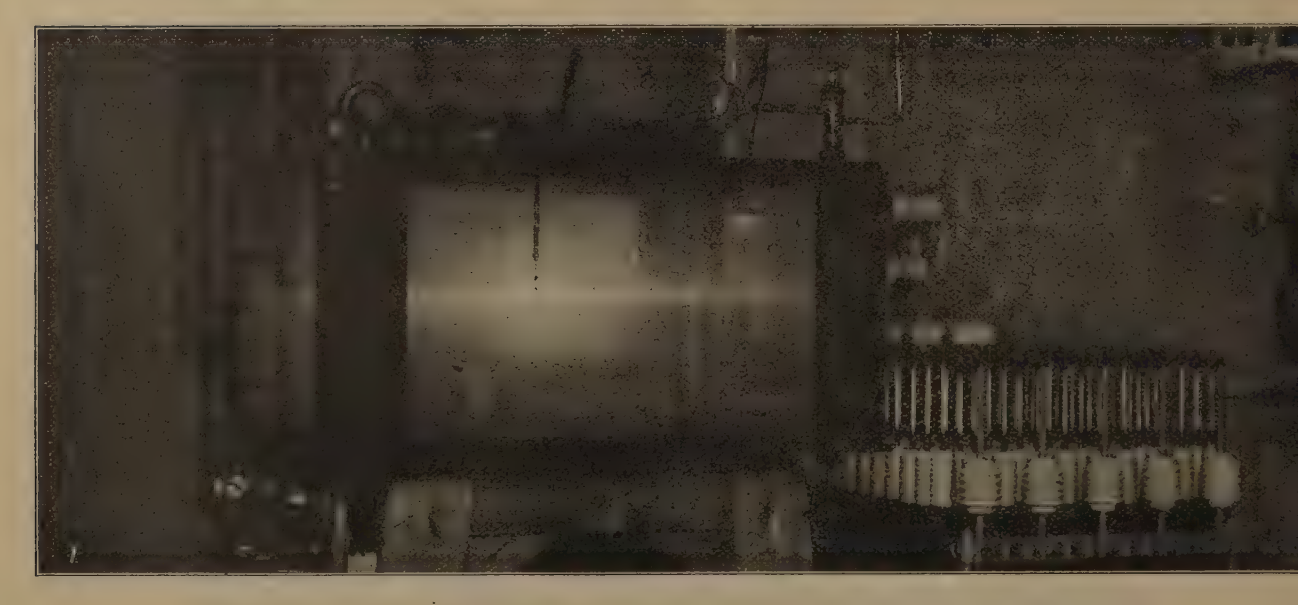
particules décrivent ensuite autour du corps central des ellipses, dont le périhélie se trouve dans le cercle-limite et que l'excentricité est

$$e = \frac{1}{l - 2}.$$

Que l soit grand et que, par conséquent, l'excentricité e soit petite, lorsque r (le rayon du cercle-limite) est grand par rapport à r_0, ceci ressort de la relation suivante qui doit être remplie :

$$n + 2 - \sqrt{2n+1} \leq l \leq n + 2 + \sqrt{2n+1}.$$

Pour que nos suppositions puissent se réaliser, il faudrait qu'il fût



Décharge d'un globe-cathode magnétique de $2^{cm},5$ de diamètre dans un vase d'une capacité de 320^l.

prouvé que par exemple les particules métalliques qui se trouvent projetées d'une cathode de métal emportent avec elles, en tout cas en grande partie, une charge *positive*.

De nombreuses expériences m'ont permis de démontrer avec une évidence parfaite que c'est précisément le cas. La vérification s'est opérée en pesant les quantités de palladium projetées à travers une fente et déposées sur un petit écran. On trouve qu'il y a des particules avec une charge positive et d'autres plus nombreuses avec une charge négative, et qu'elles

peuvent être séparées les unes des autres, soit sous l'action de forces magnétiques intenses, soit dans un champ électrique.

Il semble que les phénomènes qui se déroulent dans une cathode pendant une décharge dans le vide peuvent, à certains égards, se comparer à un processus radioactif.

Les rayons cathodiques devraient en ce cas pouvoir être jusqu'à un certain point comparés avec les rayons β, tandis que les rayons K_1 et les atomes positifs métalliques projetés de la cathode pourraient correspondre aux rayons α.

Je procède actuellement à des essais en vue de constater s'il se dégage de la chaleur par désintégration d'une cathode, de la même façon que lorsque le radium se transforme. Cette dernière question paraît avoir une importance fondamentale pour la question de la provision de chaleur et de la durée de la vie du Soleil et des étoiles.

Nous supposons que tout système stellaire en évolution projette dans l'espace des corpuscules électriques. L'hypothèse paraît donc vraisemblable que la plus grande partie des masses matérielles dans l'Univers ne se trouve pas dans les systèmes solaires ou dans les nébuleuses, mais bien dans l'espace vide qu'on peut penser rempli de corpuscules électriques volants, atomes et molécules des différents éléments chimiques.

Si une masse comme celle de notre système solaire devait être uniformément répartie, par exemple comme des atomes de fer dans un globe, avec un rayon égal à la distance qui le sépare de l'étoile la plus proche (α Centauri), il ne tomberait qu'un seul atome par 8^{cm^3} de l'espace. Il est probable qu'aucun fait connu ne nous empêche d'admettre par hypothèse l'existence dans l'espace d'une quantité d'atomes volants, par exemple 100 fois plus grande que celle indiquée ci-dessus.

ASTRONOMIE. — *Éléments elliptiques de la comète 1912 (b) Schaumasse; identité de cet astre avec la comète de Tuttle.* Note de MM. **Fayet** et **Schaumasse**, présentée par M. Bassot.

Grâce à de nouvelles observations, obtenues par M. Schaumasse les 28 octobre et 1er novembre, nous avons pu conclure les éléments elliptiques ci-dessous; nous les rapprochons de ceux de la comète périodique Tuttle, corrigés des perturbations approchées dues à l'action de Jupiter durant la proximité de 1900-1901 et calculées par M. Fayet.

		Comète 1912 *b*.	Comète Tuttle.
	T......	1912 oct. 28,4106 t. m. de Paris	
1912,0	☊.....	269°.33′.57″	269°.53
	π......	116.25.26	116.29
	i......	55. 0.24	55.14
	e......	0,80551	0,81809
	log*q*...	0,01191	0,01320

Il ne peut donc plus subsister aucun doute relativement à l'identité des deux astres.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations spectroscopiques de la comète* 1912 *a* (Gale) *faites à l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Deslandres.

La comète 1912 A a été étudiée à Meudon avec l'équatorial de huit pouces et la chambre à prisme objectif et à grande concentration de lumière fixée à cet appareil et déjà décrite ([1]).

Cette comète a un noyau stellaire qui donne un spectre continu et est entouré d'une chevelure. La queue, quoique visible à l'œil, était trop faible pour donner un spectre photographique dans les conditions où l'on opérait.

Une série de clichés a été obtenue; les principaux sont les suivants :

19 octobre, plaque Σ Lumière, pose 12 minutes.
30 octobre, plaque vérichrome Wratten, pose 30 minutes.
1er novembre, plaque vérichrome Wratten, pose 1 heure 45 minutes.

C'est cette dernière plaque faite avec l'absence de la Lune qui a donné les principaux résultats.

Ces clichés montrent le spectre ordinaire des comètes, composé des radiations des hydrocarbures et du cyanogène; on y voit entre autres les bandes de Swan, à savoir le groupe orangé à 600, le groupe jaune à 555, le vert à 513 et le bleu à 470. A noter aussi une condensation plus faible à 436,5 et deux autres à 405 et à 402, cette dernière pouvant coïncider avec la raie 402,2 signalée dans la queue des comètes.

Le spectre du cyanogène est représenté par les radiations 421,6; 388,3 et 386,7, les deux dernières intenses.

([1]) *Comptes rendus* du 9 mai 1910.

ASTRONOMIE. — *Découverte et observations de la comète c 1912, faites à l'Observatoire de Marseille.* Note de M. **Borrelly**, présentée par M. B. Baillaud.

Comète 1912 *c* Borrelly.

Dates. 1912.	Temps moyen de Marseille.	Différence en Æ.	Différence en déclin.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Nov. 2...	7.59.10	—2.35,35	+ 4.47,0	5:5	17.47.13,52	$+\bar{1},728$	+38.55.12,5	+0,573	*a*
» 2...	11.19.28	—1.48,20	— 4.16,7	5:5	17.48. 0,67	$+\bar{1},664$	+38.46. 8,8	+0,400	*a*

Position de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne, 1912,0.	Réduction au jour.	Ⓓ moyenne, 1912,0.	Réduction au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
α.......	6,8	17.49.48,54	+0,33	+38.50.21,7	— 3,8	7354 Lund, A.G.

Remarque. — La comète est brillante 9ᵉ,5, étendue 2′, ronde avec un noyau et sans queue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les problèmes de Cantor et de Dubois-Reymond dans la théorie des séries de polynomes de Legendre.* Note de M. **Michel Plancherel**, présentée par M. Émile Picard.

Étant donné un système normé de fonctions $\varphi_p(x)$ ($p = 1, 2, 3, \ldots$), orthogonales dans un intervalle (a, b)

$$\int_a^b [\varphi_p(x)]^2\,dx = 1, \qquad \int_a^b \varphi_p(x)\,\varphi_q(x)\,dx = 0, \qquad p \neq q,$$

on peut se poser à son sujet les deux problèmes suivants :

1. *Problème de Cantor.* — Peut-il exister deux séries différentes $\Sigma a_p\varphi_p(x)$, $\Sigma b_p\varphi_p(x)$, $(a_p \neq b_p)$ convergeant vers la même fonction $f(x)$; en d'autres termes, existe-t-il une série $\Sigma c_p\varphi_p(x)$ convergeant vers zéro dans tout l'intervalle (a, b) sans que $c_p = 0$?

2. *Problème de Dubois-Reymond.* — Si la série $\Sigma a_p\varphi_p(x)$ converge dans

(a, b) vers la fonction $f(x)$, peut-on en conclure que

$$\int_a^b f(x)\varphi_p(x)\,dx = a_p,$$

au cas où toutes ces intégrales ont un sens?

Ces problèmes se sont présentés pour la première fois dans la théorie des séries trigonométriques. Les belles recherches de MM. U. Dini (¹) et A. Haar (²) les résolvent dans le cas des systèmes orthogonaux formés par les fonctions de Sturm-Liouville, solutions de l'équation différentielle

$$\frac{d}{dx}\left[p(x)\frac{du}{dx}\right] + q(x)u + \lambda u = 0,$$

où l'on suppose $p(x) > 0$ dans tout l'intervalle $a \leqq x \leqq b$. Les méthodes, d'ailleurs différentes, de ces deux savants permettraient certainement, sans exiger de modifications par trop profondes dans les raisonnements, de résoudre ces deux problèmes dans certains cas où $p(x)$ s'annule dans l'intervalle (a, b) ou à ses extrémités. Nous préférons cependant suivre une voie différente qui a l'avantage de conserver une analogie plus directe avec la méthode donnée par M. O. Hölder pour les séries trigonométriques. Elle revient à faire correspondre à toute équation différentielle du second ordre, adjointe à elle-même, une surface de révolution sur laquelle on peut définir d'une manière géométrique très simple un *paramètre généralisé de Beltrami* jouant, pour les systèmes orthogonaux de fonctions résultant de cette équation, le même rôle que la dérivée seconde généralisée pour les fonctions trigonométriques. Nous nous bornerons ici à traiter le cas des polynomes de Legendre, auxquels notre méthode fait correspondre la sphère comme surface de révolution.

Soient $F(\vartheta, \varphi)$ une fonction du point (ϑ, φ) sur la sphère-unité, ω la distance sphérique des deux points (ϑ, φ), (ϑ', φ'). Formons l'expression

$$\Delta_2 F(\vartheta, \varphi; h) = \frac{1}{s'(h)}\int_{\omega=h} F(\vartheta', \varphi')\,ds' - F(\vartheta, \varphi),$$

dans laquelle l'intégrale est prise le long du petit cercle de centre (ϑ, φ) et de rayon sphérique h, ds' désignant l'élément d'arc au point (ϑ', φ') et

(¹) U. Dini, *Sugli sviluppi in serie per la rappresentazione analitica delle funzioni di una variabile reale*, Pisa, 1911.

(²) A. Haar, *Zur Theorie der orthogonalen Funktionensysteme* : II (*Mathematische Annalen*, Bd. LXXI), 1911.

$s'(h) = 2\pi \sin h$ le périmètre du petit cercle. Le quotient $\dfrac{\Delta_2 F(\vartheta, \varphi; h)}{\sin^2 \frac{h}{2}}$ est l'analogue cherché de $\dfrac{f(x+h)+f(x-h)-2f(x)}{h^2}$. Notons par $\Delta_2^* F(\vartheta, \varphi)$ et appelons *paramètre généralisé de Beltrami* sur la sphère sa limite pour $h = 0$; au cas où $F(\vartheta, \varphi)$ possède au point (ϑ, φ) une différentielle totale du second ordre, on a en effet

$$\Delta_2^* F(\vartheta, \varphi) = \frac{1}{\sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta}\left(\sin \vartheta \frac{\partial F}{\partial \vartheta}\right) + \frac{1}{\sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} \equiv \Delta_2 F(\vartheta, \varphi),$$

d'où la dénomination. Le lemme suivant est d'une grande importance :

Lemme. — *Si à l'intérieur d'un domaine* Ω *de la sphère*

$$|\Delta_2^* F(\vartheta, \varphi)| < M,$$

alors, en tout point intérieur de Ω *et pour toute valeur de* $h \left(< \frac{\pi}{2}\right)$ *assez petite pour que le petit cercle de centre* (ϑ, φ) *et de rayon* h *soit tout entier dans* Ω

$$\left|\frac{\Delta_2 F(\vartheta, \varphi; h)}{\sin^2 \frac{h}{2}}\right| < \frac{M}{\cos h}.$$

Une conséquence immédiate de ce lemme est que toute fonction $F(\vartheta, \varphi)$ qui vérifie dans un domaine sphérique l'équation $\Delta_2^* F(\vartheta, \varphi) = 0$ est une fonction harmonique dans ce domaine.

Une suite quelconque de constantes a_n, telles que $\lim_{n=\infty} \frac{a_n}{n} = 0$ étant donnée, on peut former la fonction

$$F(\vartheta) = -\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n(n+1)} P_n(\cos \vartheta) \qquad (0 \leq \vartheta \leq \pi).$$

et l'on peut démontrer le théorème fondamental :

En tout point $\vartheta \neq 0, \pi$

$$\lim_{h=0} \frac{\Delta_1 F(\vartheta, h)}{\sin \frac{h}{2}} = 0$$

et en tout point de convergence de la série $\Sigma\, a_n P_n(\cos \vartheta)$

$$\Delta_2^* F(\vartheta) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n P_n(\cos \vartheta).$$

On déduit facilement de là le théorème d'*unicité* suivant, relatif au problème de Cantor :

Pour que la série $\Sigma a_n P_n(x)$ *converge vers zéro en tout point de l'intervalle* $(-1, +1)$, *à l'exception au plus des points d'un ensemble réductible, il faut et il suffit que tous les coefficients* a_n *soient nuls.*

Ce théorème a été donné pour la première fois par M. Dini ([1]) qui y est arrivé par une méthode exigeant des calculs très laborieux. Le théorème d'unicité et le lemme donné plus haut permettent d'aborder le problème de Dubois-Reymond de la même manière que dans le cas des séries trigonométriques et d'y donner la solution suivante :

I. *Si la série* $\sum_0^\infty a_n P_n(x)$ *converge en tout point de l'intervalle* $(-1, +1)$, *à l'exception au plus des points d'un ensemble réductible, vers une fonction* $f(x)$ *bornée dans cet intervalle, on a*

$$a_n = \frac{2n+1}{2} \int_{-1}^{+1} f(x)\, P_n(x)\, dx.$$

II. *Étant donnée une suite quelconque de nombres* $a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots,$ *la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction sommable* $f(x)$ *telle que*

$$a_n = \frac{2n+1}{2} \int_{-1}^{+1} f(x)\, P_n(x)\, dx$$

est que la série $\sum_0^\infty a_n \int_{-1}^{x} P_n(x)\, dx$ *converge dans tout l'intervalle* $(-1, +1)$ *vers* $\int_{-1}^{x} f(x)\, dx$.

PHYSIQUE. — *Sur le spectre de rotation magnétique de la vapeur de brome.* Note de M. G. Ribaud, présentée par M. J. Violle.

L'étude magnéto-optique des vapeurs absorbantes a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux.

([1]) U. Dini, *Sulla unicità degli sviluppi delle funzioni di una variabile in serie di funzioni* X_n (*Annali di Matematica pura ed applicata*, 2e série, t. VI, 1874).

Righi [1] a trouvé que, si l'on place entre les pièces polaires percées d'un électro-aimant une flamme colorée par le sodium, une cuve contenant des vapeurs nitreuses ou bien encore la même cuve contenant des vapeurs d'iode ou de brome, et si l'on dispose, de part et d'autre, sur le trajet d'un faisceau lumineux parallèle aux lignes de force deux nicols à l'extinction, la lumière est rétablie lorsqu'on lance le courant. Cotton, d'autre part, a fait une expérience analogue perpendiculairement aux lignes de force, les deux nicols à l'extinction étant alors à 45° de ces lignes. L'extinction est encore détruite dans le cas du sodium, et les phénomènes qu'on observe sont complètement expliqués (Macaluso et Corbino, Voigt et Wiechert). On voit encore une faible réapparition de lumière dans le cas des vapeurs nitreuses; mais Cotton n'a pu constater le même fait dans le cas des vapeurs d'iode et de brome, et se demande si la même explication convient dans tous les cas pour rendre compte de l'expérience de Righi. Il fait remarquer [2] que, même si le phénomène de Zeeman n'existe pas, le pouvoir rotatoire magnétique peut prendre des valeurs notables au voisinage des raies d'absorption où l'indice varie très vite.

R.-W. Wood [3] a montré que, dans le cas de la vapeur d'iode, à la température ordinaire, le spectre de la lumière rétablie dans l'expérience de Righi est formé de raies brillantes coïncidant *en partie* avec *certaines* raies d'absorption, les intensités relatives n'étant d'ailleurs pas les mêmes pour les raies qui se correspondent. Il n'a pu, faute de lumière, étudier de même au réseau la lumière rétablie dans le cas de la vapeur de brome.

C'est de cette vapeur que je me suis occupé, en utilisant des champs plus intenses donnés par le gros électro-aimant Weiss de l'École Normale, et en prenant le soin de faire varier systématiquement la densité de la vapeur : à cet effet, un récipient soudé à la cuve renfermait du brome liquide qu'on portait à une température variable.

Recherche du phénomène de Zeeman. — J'ai recherché à nouveau si ce phénomène existait en utilisant un champ plus intense que celui employé par Dufour [4] et en prenant la précaution d'employer un double analyseur circulaire pour observer les modifications des raies d'absorption. Le résultat a été négatif; le phénomène de Zeeman, s'il existe, n'atteint pas $\frac{1}{20}$ d'unité d'angström dans un champ de 24000 gauss.

Recherche de l'effet transversal. — En répétant l'expérience de Cotton avec un champ de 28000 gauss, je n'ai observé, quelle que soit la densité de vapeur, aucun rétablissement de lumière entre deux nicols croisés à 45° des

(1) Righi, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 216.
(2) Cotton, *Phénomène de Zeeman*, p. 100.
(3) R.-W. Wood, *Philosophical Magazine*, t. XII, 1906, p. 329.
(4) Dufour, *Radium*, 1908, p. 86.

lignes de force. Il serait d'ailleurs intéressant, à ce point de vue, de rechercher si, pour les vapeurs nitreuses, la faible lumière rétablie perpendiculairement au champ n'est pas formée des raies pour lesquelles on a observé un léger phénomène de Zeeman.

Étude du spectre de rotation magnétique. — Les nicols étant à l'extinction, la cuve vide étant seule placée dans un champ de 19500 gauss, on laisse rentrer progressivement la vapeur. La quantité de lumière rétablie augmente progressivement, passe par un maximum, puis décroît pour s'annuler lorsque la pression prend une valeur suffisante. L'étude de cette lumière faite au réseau montre que, aux faibles pressions (1^{mm}), aux raies intenses d'absorption correspondent des raies brillantes dans le spectre magnétique. Si l'on augmente la pression, la raie brillante correspondant à une forte raie d'absorption va en s'affaiblissant puis disparaît; au contraire, les raies faibles produisent un rétablissement qui va en s'accentuant. Aux fortes pressions (10^{cm}) les deux spectres n'ont plus qu'un très lointain rapport. On retrouve sur une plus grande échelle les particularités observées par Wood pour la vapeur d'iode.

Tous ces résultats s'expliquent aisément si l'on remarque que, en même temps que la lumière est rétablie, elle est absorbée. Si l'on admet que pour une longueur d'onde déterminée la différence $n_1 - n_2$ des indices pour les vibrations droites et gauches, est proportionnelle à la pression p et aussi au champ H, on a pour la rotation α, en désignant par d l'épaisseur de vapeur traversée,

$$\alpha = \frac{\pi(n_1 - n_2)\,d}{\lambda} = \mathrm{AH}\,pd$$

et la quantité de lumière rétablie, en tenant compte de l'absorption, est

$$\mathrm{Q} = \mathrm{BH}^2\,e^{-apd}\,p^2\,d^2.$$

Cette formule montre que, pour une raie déterminée, si l'on se fixe le champ et si l'on fait varier p, Q d'abord nulle passe par un maximum pour $pd = \frac{2}{a}$, puis tend vers zéro. Si de plus on compare entre elles les courbes donnant Q pour une raie intense et pour une raie faible d'absorption, on voit que, aux basses pressions, la raie intense est celle qui rétablit le plus de lumière ; aux fortes pressions c'est l'inverse qui a lieu.

C'est donc à la rotation magnétique seule au voisinage des raies d'absorption que je suis conduit à attribuer les faits observés avec la vapeur de

brome. Avec cette interprétation, si l'on faisait l'expérience de Righi en employant une lumière rigoureusement monochromatique, le faisceau sortant de l'électro présenterait un état de polarisation défini, les vibrations seraient rectilignes ou elliptiques, suivant que les rotations seraient ou non accompagnées de dichroïsme circulaire magnétique. J'ai donc essayé l'expérience de Righi avec la lumière verte d'un arc au mercure modèle Dufour (6 ampères). Elle réussit encore. Mais on ne peut éteindre la lumière, même en utilisant un analyseur elliptique muni d'un quart d'onde permettant de bonnes extinctions [1].

J'ai été conduit ainsi à admettre que, dans l'épaisseur de la raie verte de l'arc au mercure il existe plusieurs raies d'absorption du brome, chacune d'elles intervenant pour son propre compte. Or précisément Wood vient d'annoncer [2] que, dans le cas de la vapeur d'iode, l'étude du spectre d'absorption faite avec un appareil dispersif très puissant lui a montré qu'il existe dans l'épaisseur de la raie verte de l'arc au mercure 7 raies d'absorption distinctes. Nous arrivons par des voies différentes à la même conclusion sur la finesse relative des raies d'absorption de ces halogènes et de la raie verte de l'arc au mercure.

En résumé, le rétablissement de lumière observé longitudinalement dans le champ magnétique ne peut être attribué à un effet Zeeman; *toutes* les raies d'absorption du brome montrent le phénomène de polarisation rotatoire magnétique, à condition toutefois d'opérer pour une raie déterminée avec une tension de vapeur convenable. L'aspect du spectre rotatoire magnétique change complètement si l'on modifie la pression. L'étude du phénomène en lumière monochromatique nécessiterait l'emploi de raies beaucoup plus fines que celles de l'arc au mercure.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation des gaz par les rayons de Schumann.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Les rayons ultraviolets ordinaires, pour lesquels l'air et le quartz sont très transparents, ne possèdent pas la faculté d'ioniser les gaz. Les effets qui leur ont été parfois attribués n'existent pas quand les gaz sont privés

(1) Chaumont, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 271.
(2) R.-W. Wood, *Philosophical Magazine*, octobre 1912, p. 681.

de poussières [1]. Ces rayons possèdent seulement la faculté de produire, lorsqu'ils rencontrent un métal, l'effet photoélectrique de Hertz.

Les rayons ultraviolets extrêmes ou rayons de Schumann diffèrent-ils à cet égard des rayons ultraviolets ordinaires? Cette question doit être résolue par l'affirmative, comme l'ont fait voir Palmer [2], Hughes [3], Cannegieter [4], Lenard et Ramsauer [5]. Les expériences que nous avons effectuées par la méthode des courants gazeux en employant comme source un tube à hydrogène viennent à l'appui des résultats publiés par ces auteurs. Elles nous ont permis d'établir : 1° l'existence d'une ionisation en volume; 2° la production de petits ions des deux signes; 3° l'extrême sensibilité des phénomènes à des traces infimes d'impuretés dans le gaz [6].

Cette sensibilité est un obstacle extrêmement grand à l'emploi des méthodes de courants gazeux. Nous avons songé alors à utiliser une méthode statique en déterminant exactement la part qui revient, dans les effets observés, à l'effet Hertz des rayons ultraviolets ordinaires et aux rayons de Schumann. En même temps nous avons voulu comparer, pour ces derniers rayons, les grandeurs de l'effet Hertz et de l'effet d'ionisation.

La source utilisée est un tube à décharges contenant de l'hydrogène pur sous une pression de $1^{mm},5$ environ. Ce tube est fermé par une fenêtre de fluorine de 3^{mm} d'épaisseur. Sur ce tube est mastiqué un tube de verre renfermant un gaz sous pression variable et la chambre d'ionisation. Celle-ci comporte un plateau de laiton relié à l'électromètre et un cylindre de laiton entourant le plateau. Le cylindre est fermé à l'avant par une toile métallique parallèle à la fenêtre de fluorine dont elle est séparée par 3^{mm}-4^{mm}. La lumière du tube passe à travers cette toile et tombe normalement sur le plateau qui en est distant de 1^{cm} environ. *Entre la toile métallique et la fenêtre de fluorine, on peut intercaler à volonté une lame de quartz de 1^{mm} d'épaisseur, mue de l'extérieur au moyen d'un aimant.*

L'ultraviolet de Schumann est pratiquement coupé par 1^{mm} de quartz. Les effets observés quand la lame est en place doivent être attribués à l'ultraviolet ordinaire. Ceci posé, voici ce qu'on observe lorsqu'on fait

(1) Voir E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 892.

(2) Palmer, *Nature*, t. LXXVII, 1908, p. 582, et *Physical Review*, t. I, 1911.

(3) Hughes, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, octobre 1910.

(4) Cannegieter, *Proc. Amst.*, 1911, p. 1114.

(5) Lenard et Ramsauer, *Heidelb. Akad. d. Wiss.*, août et novembre 1910.

(6) Ce caractère, signalé par Schumann lui-même au point de vue optique, a été retrouvé par Lenard et Ramsauer dans l'étude de l'ionisation par l'étincelle d'aluminium.

varier la pression de l'air dans la chambre d'ionisation. Le voltage positif ou négatif appliqué au cylindre est égal à 90 volts.

1° *A la pression atmosphérique.* — Sans quartz, on obtient des effets des deux signes. Ces effets sont du même ordre de grandeur, mais nettement plus forts quand la toile métallique est chargée positivement. Avec le quartz, les effets sont diminués dans une proportion énorme, par exemple dans le rapport de 1 à 10.

2° *Sous* 3^{cm}, 2^{cm}, 1^{cm} *de mercure.* — Sans quartz, les effets des deux signes vont en augmentant beaucoup. Le quartz réduit les effets dans une proportion de plus en plus grande, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$ et davantage. Cette réduction est encore plus marquée quand le voltage appliqué est seulement de 9 volts.

3° *Au delà de la région d'ionisation par chocs, aux vides de* $\frac{1}{100}$ *à* $\frac{3}{10000}$ *de millimètre.* — Les courants des deux signes sont très notables, le courant le plus fort s'observe quand le plateau est négatif (¹). Le quartz réduit les effets au $\frac{1}{10}$ de leur valeur.

Pour interpréter les résultats qui précèdent, il faut connaître la transparence de la lame de quartz utilisée aux rayons ultraviolets ordinaires. Celle-ci a été déterminée avec différentes sources, arc au mercure, étincelle de fer, enfin avec le tube de Schumann lui-même placé dans l'air à 6^{cm} environ. On s'est servi comme récepteur photoélectrique soit de la chambre d'ionisation décrite ci-dessus, soit d'une autre cellule à lame de laiton. Dans tous les cas la transparence a été trouvée de l'ordre de $\frac{2}{3}$. Avec le tube de Schumann associé à sa chambre d'ionisation, la transparence était voisine de $\frac{1}{2}$.

Il faut conclure de là d'abord que les sources ordinaires de rayons ultraviolets placées dans l'air émettent une proportion notable de rayons assez réfrangibles pour être partiellement absorbés par le quartz et que le laiton est très sensible à l'effet photoélectrique de ces rayons. On sait déjà par les travaux de Hughes (²) et de Tian (³) que l'arc au mercure produit de tels rayons (⁴).

(¹) Comparez Hull, *Phys. Zeitschr.*, t. X, 1909, p. 537.
(²) Hughes, *Phil. Mag.*, t. II, 1911, p. 393.
(³) Tian, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1483, et t. 155, 1912, p. 141.
(⁴) Des expériences qui seront publiées prochainement nous ont permis de retrouver ce résultat par une autre voie.

En second lieu, les effets observés à la pression atmosphérique s'interprètent facilement par la diffusion à l'intérieur de la chambre d'ionisation des ions gazeux produits dans l'air par les rayons de Schumann. L'effet de cette diffusion est au moins 5 fois plus gros que l'effet Hertz des rayons ordinaires.

Aux pressions de 3^{cm}, 2^{cm}, 1^{cm}, la diffusion se fait de mieux en mieux, les rayons de Schumann commencent à pénétrer dans la chambre d'ionisation. L'effet d'ionisation de ces rayons est 25 fois plus gros que l'effet Hertz des rayons ordinaires.

Enfin, dans le vide, l'effet d'ionisation cesse de se produire; mais on observe un effet Hertz des rayons de Schumann qui est au moins 5 fois supérieur à l'effet Hertz des rayons ordinaires.

PHYSIQUE. — *Sur les couples thermo-électriques.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

I. Dans les couples thermo-électriques dont la marche en fonction de la température n'est pas uniforme, on peut se proposer de calculer la grandeur de l'effet Thomson, pour évaluer, dans l'établissement de la force électromotrice, la part qui revient à ce phénomène et celle qui peut être attribuée au phénomène de Peltier afin d'étudier dans quelles conditions l'un ou l'autre de ces effets devient prépondérant ou détermine le signe du phénomène thermo-électrique. La question peut être résolue dans le cas général; mais pour les couples dont la force électromotrice est donnée par la formule d'Avenarius et Tait

$$E = m(T_1 - T_2)\left(T_0 - \frac{T_1 + T_2}{2}\right), \tag{1}$$

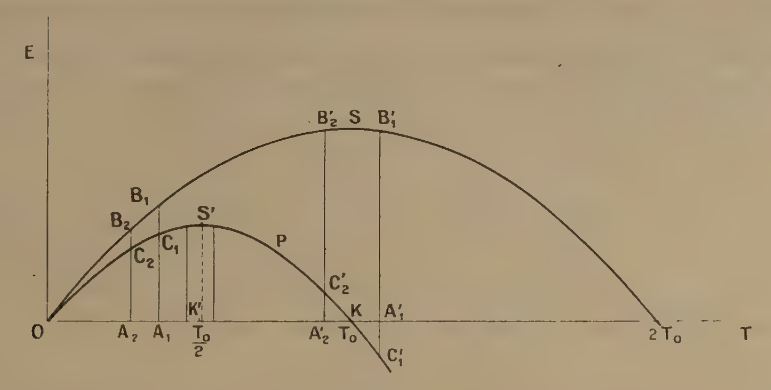
on aboutit à l'interprétation graphique suivante :

Considérons (*fig.* 1) une parabole dont l'équation est

$$Y = mT\left(T_0 - \frac{T}{2}\right),$$

où Y et T sont les deux coordonnées; son sommet a pour abscisse T_0 et pour ordonnée $\frac{mT_0^2}{2}$; la force électromotrice du couple pour les deux températures T_1 et T_2 est fournie par la différence des deux ordonnées qui correspondent à Y_1 et Y_2.

Traçons maintenant la parabole P semblable à la précédente, le centre d'homothétie étant l'origine et le rapport de similitude étant égal à $\frac{1}{2}$: ses ordonnées représentent précisément les effets Peltier aux différentes températures de telle sorte que, si l'on envisage le couple fonctionnant entre les températures T_1 et T_2, et si l'on désigne par Y_1, Y_2, P_1 et P_2 les ordonnées correspondantes A_1B_1, A_2B_2, A_1C_1 et A_2C_2, la force électromotrice est représentée par la différence entre A_1B_1 et A_2B_2, l'effet Peltier *résultant* est figuré par l'excès de A_1C_1 sur A_2C_2; enfin, l'effet Thomson s'obtient en effectuant la différence entre les deux segments B_1C_1 et B_2C_2 qui séparent



les deux courbes pour les abscisses T_1 et T_2. En particulier, lorsque la moyenne de T_1 et T_2 est égale à $\frac{T_0}{2}$, les points étant symétriques à droite et à gauche de K', les ordonnées sont égales de part et d'autre de l'axe de la parabole P et les effets Peltier se contrebalancent de telle sorte que les effets Thomson sont seuls efficaces. Lorsque la température moyenne est égale à T_0, c'est-à-dire au moment de l'inversion, la force électromotrice est égale à zéro, car la résultante des effets Peltier est exactement annulée par les effets Thomson. Cette interprétation graphique permet de discuter les différents cas et de prévoir en outre le signe des dégagements de chaleur.

II. Pour chaque couple thermo-électrique dont on voudra calculer la force électromotrice, il y a une parabole déterminée dont les éléments dépendent des constantes m et T_0 propres à ce couple. Toutefois on pourra éviter de construire autant de courbes différentes qu'on aura de couples à envisager et l'on pourra se borner à tracer une seule de ces paraboles ou à utiliser une seule Table numérique. En effet chacune de ces paraboles est entièrement déterminée ici par son sommet dont les deux coordonnées

sont T_0 et $\frac{mT_0^2}{2}$; une autre de ces paraboles, également déterminée par son sommet $\left(T'_0 \text{ et } \frac{m'T'^2_0}{2}\right)$, pourra être confondue avec la première si, pour la tracer, on adopte des échelles convenables pour les abscisses et pour les ordonnées, c'est-à-dire si l'on réduit ces abscisses et ces ordonnées respectivement dans des rapports égaux à $\frac{T_0}{T'_0}$ et $\frac{mT_0^2}{m'T'^2_0}$, ce qui signifie encore qu'il suffit d'évaluer les températures en fractions de la température neutre et la force électromotrice en fractions de la force électromotrice maximum $\frac{mT_0^2}{2}$ pour avoir une équation *réduite* et obtenir un énoncé analogue au théorème des états correspondants. On peut s'en assurer directement en divisant les deux membres de l'équation (1) par $\frac{mT_0^2}{2}$; on obtient

$$\frac{E}{\frac{mT_0^2}{2}} = 2\left(\frac{T_1}{T_0} - \frac{T_2}{T_0}\right)\left(1 - \frac{T_1 + T_2}{2T_0}\right),$$

et, en prenant les nouvelles variables réduites ε et θ,

$$\varepsilon = 2(\theta_1 - \theta_2)\left(1 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right),$$

qui est unique pour tous ces couples. D'où l'énoncé :

Pour des températures correspondantes, les forces électromotrices sont correspondantes.

A des températures correspondantes, les pouvoirs thermo-électriques sont correspondants, ainsi que les valeurs des effets Peltier et des effets Thomson.

Ces théorèmes qui résultent, non pas de la forme particulière de l'équation (1), mais de ce fait que cette formule contient seulement deux constantes ([1]), permettent d'obtenir une Table numérique unique qui facilite le calcul des forces électromotrices et de la part qui revient aux effets Peltier et Thomson dans les différents cas.

Le Mémoire *in extenso* qui sera publié ailleurs contient une telle Table avec des exemples numériques.

([1]) *Comptes rendus*, t. 116, p. 135.

PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode pour déterminer le rapport γ des deux chaleurs spécifiques des gaz.* Note de M. A. LEDUC, présentée par M. E. Bouty.

La méthode que je vais décrire est susceptible de plus de précision que les variantes diverses de la méthode de Laplace (dite de Clément et Desormes), et elle a l'avantage de n'exiger aucun autre instrument qu'une bonne balance et un bon thermomètre.

Soit un ballon à large ouverture dont le volume, d'ailleurs inconnu, est V à t°. Remplissons-le de gaz à 0°, sous la pression atmosphérique p_0, et déterminons la masse μ du gaz contenu. Portons-le dans un bain à t°, et produisons la détente adiabatique en ouvrant le robinet pendant un temps très court. La pression passe de $p = p_0 \frac{1+\beta t}{1+Kt}$ à la nouvelle pression atmosphérique p'. On détermine la masse μ' de gaz restée dans le ballon.

Les masses μ et μ' occupant le même volume V du ballon sont entre elles dans le rapport inverse des volumes spécifiques v et v' avant et après la détente :

$$\mu v = \mu' v' = V. \tag{1}$$

On en déduit le rapport γ de la manière suivante.

L'équation de la détente adiabatique élémentaire peut s'écrire

$$\gamma\, dv = \frac{\partial v}{\partial p}\, dp. \tag{2}$$

D'autre part, j'écris l'équation d'état des gaz réels

$$M p v = RT\varphi, \tag{3}$$

φ étant une fonction de la température et de la pression que j'ai souvent utilisée et que je représenterai ici par

$$\varphi = 1 - mp - np^2, \tag{4}$$

m et n étant des fonctions de la température réduite et de la pression critique que nous savons calculer. On en déduit

$$\frac{\partial v}{\partial p} = -\frac{v}{p} + \frac{v}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial p}$$

avec

$$\frac{1}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial p} = -\frac{m + 2np}{1 - mp - np^2},$$

de sorte que l'équation (2) devient

$$(5) \qquad \gamma \frac{dv}{v} = -\frac{dp}{p} + \frac{1}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial p}dp = -\frac{dp}{p} - dp[m + (m^2 + 2n)p + \ldots].$$

Intégrant entre les limites p et p', on a donc ([1])

$$(6) \qquad \gamma \mathrm{L}\frac{v}{v'} = \mathrm{L}\frac{p}{p'} + m(p - p') + \left(\frac{m^2}{2} + n\right)(p^2 - p'^2) + \ldots.$$

Le dernier terme est généralement négligeable. Le précédent est lui-même très faible pour les gaz très difficiles à liquéfier. On écrira donc, en désignant par N le module (0,4343) et tenant compte de (1),

$$(7) \qquad \gamma = \frac{\log p - \log p' + \mathrm{N}m(p - p')}{\log\mu - \log\mu'}.$$

Précision de la méthode. — Pour la discuter, il suffit de ne conserver que le premier terme du second membre de (6), car les termes correctifs qui suivent sont surabondamment connus. On négligera Kt et l'on fera $p_0 = p'$. L'équation (7) se réduit alors à

$$(8) \qquad \gamma = \frac{\mathrm{L}(1 + \beta t)}{\mathrm{L}\frac{\mu}{\mu'}}.$$

On en déduit, en affectant toutes les erreurs du même signe :

$$\frac{\partial\gamma}{\gamma} = \frac{\partial[\mathrm{L}(1+\beta t)]}{\mathrm{L}(1+\beta t)} + \frac{\partial\left(\mathrm{L}\frac{\mu}{\mu'}\right)}{\mathrm{L}\frac{\mu}{\mu'}} = \frac{1}{\mathrm{L}(1+\beta t)}\left[\frac{\beta\,\partial t}{1+\beta t} + \gamma\left(\frac{\partial\mu}{\mu} - \frac{\partial\mu'}{\mu'}\right)\right].$$

Pour fixer les idées, supposons que le volume du ballon soit de 3^l et qu'on opère sur l'air avec $t = 16°$. L'erreur ∂t ne dépassera pas $0°,02$ dans une expérience soignée. μ et μ' sont voisins de 4^g. Chaque pesée peut être faite à $0^{mg},1$ près, et il est facile de voir que, les pesées n'étant que partiellement indépendantes, l'erreur totale sur celles-ci $\left(\frac{\partial\mu}{\mu} - \frac{\partial\mu'}{\mu'}\right)$ ne dépassera pas 0,00005.

L'erreur relative sur γ ne dépassera donc pas

$$\frac{\partial\gamma}{\gamma} = 17(0,00007 + 1,4 \times 0,00005) = 0,0024 \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{400}.$$

Il est clair que si l'on arrivait à éliminer l'influence des oscillations de Cazin en fai-

---

([1]) γ peut être considéré comme constant dans ce faible intervalle.

sant varier systématiquement la durée d'ouverture du robinet, on pourrait prétendre, en multipliant les expériences, à la précision du millième. Quoi qu'il en soit, il sera facile d'obtenir la deuxième décimale, excepté dans le cas de l'hydrogène.

Il ne faut pas oublier qu'ici, comme dans la méthode de Laplace, il convient d'employer un ballon aussi volumineux que possible. Car, si courte que soit la durée d'ouverture du robinet, le gaz tend à se réchauffer au contact des parois : d'où sortie d'un excès de gaz et valeur systématiquement trop faible de γ. Il est clair que cet effet des parois sera d'autant plus faible que le ballon sera plus gros. Un ballon de 3^l semble déjà très convenable pour obtenir la seconde décimale.

Remarque. — Pour l'air, $m = 5.10^{-6}$ par centimètre de mercure, de sorte que l'erreur commise sur γ en négligeant le terme correctif $\mathrm{N}m(p-p')$ serait $< 0,001$, c'est-à-dire négligeable. On peut donc lui appliquer ici la loi des gaz parfaits, c'est-à-dire calculer γ au moyen de la formule de Laplace. Il en est à peu près de même des autres gaz quasi permanents, y compris le méthane.

Mais l'erreur atteindrait 0,01 dans le cas du gaz carbonique et 0,03 pour l'anhydride sulfureux.

PHYSIQUE. — *Des actions opposées du champ magnétique sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés en fonction de la valeur du champ et du degré de vide.* Note de M. **Henri Stassano**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai déjà montré dans un travail antérieur (1) que les spectres des aurores polaires et des protubérances du soleil ont beaucoup de raies communes avec le spectre des gaz de l'air atmosphérique non condensés à la température de l'hydrogène liquide (2). Ces identifications m'ont conduit à penser que les rayonnements auroral et coronal sont constitués à l'instar de la luminescence de ces gaz résiduaires, par les gaz mono-atomiques et l'hydrogène, gaz tous très conducteurs de l'électricité, même aux extrêmement faibles pressions lorsque l'oxygène et l'azote, à leur tour, cessent de l'être, comme dans une expérience de Moissan et Deslandres (3). Dans cette gradation descendante de la conductibilité électrique résiderait ainsi la raison de la prédominance des raies du néon et de l'argon et l'absence

(1) Stassano, *Sur la nature et la constitution du spectre des aurores polaires* (*Ann. de Chimie et de Physique*, t. XXVI, mai 1902).

(2) D. Liveing et Dewar (*Ann. de Chimie et de Physique*, t. XXII, 1901).

(3) Moissan et Deslandres, *Comptes rendus*, t. 136, 1898, p. 1689.

par contre de celles de l'azote et de l'oxygène, dans la lumière des aurores boréales.

Cette manière d'envisager la constitution des aurores, que Dewar a adoptée entièrement [1], m'a suggéré l'idée que les lignes de force du champ magnétique terrestre pouvaient contribuer à la production de ces météores lumineux, être la cause de leur orientation et de leur distribution géographique, en augmentant la conductibilité électrique des couches supérieures de l'atmosphère qu'elles traversent, par elles-mêmes très conductrices, comme le porte à penser la loi de Paschen [2].

Une première expérience faite avec un tube ordinaire de Crookes m'a engagé à poursuivre la vérification expérimentale de cette hypothèse. J'ai trouvé d'autre part dans la littérature quelques expériences où le champ magnétique semble faciliter la décharge électrique dans les gaz raréfiés.

Mon principal but étant de rechercher si le champ terrestre pouvait favoriser le développement du rayon auroral, je me suis livré spécialement à l'étude de l'action des faibles champs magnétiques sur la conductibilité électrique de l'air raréfié. Et c'est *en faisant varier la valeur de ces champs concurremment au degré de vide* que j'ai pu entrevoir et établir les relations suivantes :

I. L'action des champs très faibles, sur l'air raréfié à la pression critique du maximum de conductibilité de l'électricité, facilite la décharge électrique. A cette pression, cette action est tellement sensible que même le champ résiduel d'un petit électro-aimant suffit à la produire. L'expérience qui suit le prouve très nettement : le tube à vide sans électrodes est constitué par deux tubes égaux de fort diamètre, réunis par un tube long de moindre calibre. La pression critique y est établie par un tâtonnement. Un écartement considérable des pièces polaires (85^{mm}) permet d'y introduire une des parties de fort diamètre du tube en expérience. Il suffit alors d'exciter la bobine mise en communication avec les deux extrémités renflées du tube à vide, pour constater que ce n'est que l'extrémité se trouvant dans le champ résiduel de l'électro-aimant qui s'éclaire, tandis que l'autre, qui se trouve en dehors, reste complètement obscure. En augmentant considérablement le courant primaire de la bobine, on arrive finalement à rendre lumineux le tube tout entier. Le degré de vide qui convient le mieux à cette expérience et, d'une manière générale, à la mise en évidence de l'action de très faibles champs, est de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de millimètre.

II. Un champ produit par un faible courant magnétisant (de 0,1 à 0,3 ou

---

(1) J. Dewar, *La science du froid. Congrès de l'Association britannique pour l'Avancement des Sciences* (*Revue scientifique*, 4, 11 et 18 octobre 1902).

(2) E. Bouty, *Passage de l'électricité à travers des couches de gaz épaisses. Loi de Paschen. Application à la haute atmosphère* (*Journ. de Physique*, 1906, p. 228).

0,4 ampère selon le degré de vide), augmente l'intensité de cette luminescence que le champ résiduel suffisait à exciter. Un champ plus fort provoque, par contre, un effet opposé, à savoir : l'affaiblissement et même l'extinction complète du tube. C'est ainsi qu'avec un courant de 2,6 ampères (champ de 175 C.G.S. environ), l'affaiblissement qui en résulte est assez sensible : avec un courant de 4 à 5 ampères (champ de 250 à 300 C.G.S.), l'extinction complète a lieu.

III. L'accroissement du vide rend nulle l'action des faibles champs. Pour des vides de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de millimètre, la décharge électrique n'est favorisée qu'à partir d'un champ de 100 C.G.S. environ ; un vide plus élevé (de l'ordre du $\frac{10}{1000}$ de millimètre) nécessite des champs encore plus intenses. A son tour, l'action *empêchante* du champ, qui succède à la première (l'action *favorisante*), au fur et à mesure que le vide devient de plus en plus parfait, se trouve de plus en plus reculée. Il s'ensuit qu'un même champ de 100 C. G. S., par exemple, affaiblit la luminescence de quelques centièmes de millimètre de pression et renforce, par contre, la luminescence d'un autre tube présentant une pression beaucoup plus faible, de quelques millièmes de millimètre.

On voit donc que le champ magnétique facilite d'une façon indéniable la décharge électrique dans les gaz raréfiés, jusqu'à ce que sa valeur se maintienne dans une certaine limite et il l'empêche, au contraire, dès que cette limite est dépassée. Ce qui explique pourquoi, d'après certains auteurs, le champ magnétique facilite le passage de l'électricité dans les gaz raréfiés et, *vice versa*, le contrarie d'après d'autres auteurs. Le degré de la raréfaction des gaz, d'autre part, exerce une influence considérable dans la production de ces deux actions opposées, en déplaçant l'intervalle entre les valeurs limites correspondantes du champ.

C. Lehmann (¹) mentionne ces deux actions opposées du champ magnétique sans signaler toutefois l'influence du degré de vide qui, comme on vient de voir, joue dans ces phénomènes un rôle aussi important que l'intensité du champ.

Bloch (²) également constate l'abaissement du potentiel explosif dans les champs magnétiques et, au contraire, l'élévation de ce potentiel dans les champs plus élevés, sans pourtant tenir compte du facteur : degré de vide.

Gouy (³) seulement y fait allusion. Il se borne à remarquer que l'action du champ magnétique ne modifie que peu, dans ses expériences, le potentiel explosif entre deux cathodes, sauf aux vides extrêmes où elle l'augmente notablement.

Il me reste à signaler un fait relatif aux actions opposées dont il s'agit. Lorsqu'on est parvenu à régler l'intensité du courant et la fréquence des

(¹) *Journal de Physique*, t. VII, 1902.
(²) *Journal de Physique*, t. I, 1911.
(³) *Comptes rendus*, 30 juin 1910.

interruptions de la bobine, de manière que la décharge dans le tube à vide ne se produise qu'en présence du champ magnétique et n'ait pas lieu sans champ, on remarque que soit la production de la luminescence, soit sa disparition ne s'effectuent pas immédiatement après la création ou la cessation du champ. La disparition de la luminescence, particulièrement, exige un temps perdu plus long, parfois une minute ou deux. Certaines fois, d'ailleurs, lorsque le vide n'est pas considérable, la luminescence se maintient indéfiniment après la suppression du champ qui l'a provoqué.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une cause d'explosion de tubes contenant un mélange comprimé d'air et d'hydrogène.* Note [1] de M. **Lelarge**, présentée par M. L. Lecornu.

Au mois d'août 1911 deux ouvriers furent tués à Chalais par l'explosion de tubes à hydrogène comprimé remplis par l'industrie privée. Ces ouvriers étaient chargés de mesurer la pression des tubes et la densité du gaz, qui se trouvait accidentellement mélangé d'air pur.

Nous avons proposé et obtenu d'effectuer au Laboratoire d'Aéronautique militaire des expériences destinées à établir le bien-fondé de l'hypothèse suivante :

L'inflammation du mélange comprimé d'air et d'hydrogène contenu dans le tube a été causée par la compression rapide (par le gaz comprimé) de l'air enfermé dans le tube du manomètre.

Comme objection à cette hypothèse, on peut être tenté de dire : le gaz comprimé lorsqu'il pénètre dans le tube manométrique, est laminé par le pointeau ; il y a, en conséquence, mélange intime de ce gaz, refroidi par sa détente, avec l'air du manomètre qui n'a dès lors aucune raison de s'échauffer. A cela nous répondrons qu'il se forme dans le tube manométrique des vortex d'air qui refusent de se mélanger au gaz comprimant et subissent une compression se rapprochant d'autant mieux de la compression adiabatique qu'ils ne touchent pas les parois du tube.

Admettant *a priori* l'exactitude de l'hypothèse, nous avons expérimenté du même coup un dispositif de sécurité contre le retour de pareils accidents. Ce dispositif consiste à remplir, avec des rondelles de toiles métalliques, un tube interposé entre le manomètre et les tubes à gaz. Ces toiles doivent avoir une masse calorifique telle qu'elles ne soient pas échauffées sensible-

---

[2] Présentée dans la séance du 21 octobre 1912.

ment par la combustion du mélange contenu dans le tube manométrique.

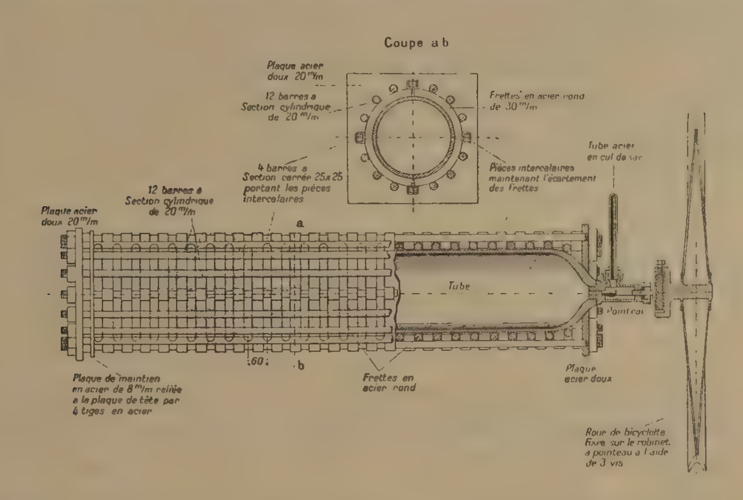
La marche de chaque expérience fut la suivante :

1° Mesure de la pression avec dispositif de sûreté. Dans aucun cas, il ne devait y avoir d'explosion;

2° Analyse du gaz, pour connaître s'il était réellement explosif;

3° Lorsque le gaz avait une pression et une composition convenables, explosion du tube par l'emploi d'un manomètre ordinaire.

Le dispositif expérimental comportait une cage en acier très doux dans laquelle on enfermait le tube. La cage se composait de frettes circulaires



entourant le tube et de tiges longitudinales reliant les fonds. La figure donne les dimensions de cette cage.

Une poulie à gorge fixée sur le pointeau permettait l'ouverture et la fermeture à distance du tube en expérience.

Le tube, entouré de sa cage, était placé au-dessus d'une fosse pour éviter l'effet de mortier qui aurait eu lieu si le tube avait reposé au fond de la fosse.

Les essais ont confirmé nos prévisions et montré que :

1° Le gaz incriminé contenait de l'air en proportions très variables;

2° L'explosion se produit avec le manomètre ordinaire si le gaz est explosif et suffisamment comprimé;

3° Le manomètre de sécurité a permis de prendre sans explosion la pression de tubes qui ont ensuite explosé lorsqu'on a substitué à ce manomètre un manomètre ordinaire.

Voici les conséquences pratiques :

1° Il convient d'éviter tout cul-de-sac dans les canalisations d'un gaz comprimé pouvant être accidentellement explosif;

2° Les culs-de-sac obligés doivent être munis d'un dispositif de toiles métalliques propre à empêcher la compression adiabatique du gaz ou à éteindre les gaz qui s'enflammeraient dans ce cul-de-sac;

3° Pour plus de sécurité, il convient de mesurer et de calculer la densité de l'hydrogène avant de prendre la pression dans le tube.

Il est prudent de rejeter tout hydrogène commercial (pouvant être mélangé d'air) pesant plus de $0^{kg}, 170$.

Si le gaz provient de l'électrolyse de l'eau et peut être souillé d'oxygène, il conviendrait d'être plus sévère encore sur cette densité. En admettant que le gaz contenant plus de 4 pour 100 d'oxygène est à rejeter, la densité limite serait environ de $0^{kg}, 143$.

MINÉRALOGIE. — *Sur une météorite du Hedjaz* (Arabie). Note de M. J. Couyat, présentée par M. A. Lacroix.

En me fournissant des renseignements sur le nord de l'Arabie, des Bédouins m'avaient signalé, il y a quelque temps, la présence d'une météorite dans le Hedjaz. Une enquête personnelle auprès de gens de cette région habitant l'isthme de Suez m'a mis en possession d'un beau fragment de la roche, et de petits éclats qui s'en étaient détachés au moment de sa chute. Le plus gros morceau pèse environ 4^{kg}. Il a conservé, sur plus de la moitié de sa surface, une croûte vitrifiée, noire, rugueuse due à son incandescence superficielle pendant son trajet dans l'atmosphère. En outre, il est extérieurement marqué de sillons profonds semblables à de grosses balafres disposées par groupes et parallèles.

La roche est tenace, grise, à grain fin, criblée de chondres jaunâtres de taille variable (jusqu'à $\frac{3}{4}$ de centimètre de diamètre), semée de particules métalliques et de troïlite. Ce dernier minéral manifeste surtout sa présence dans de nombreux miroirs de glissement. La roche renferme en outre quelques enclaves anguleuses, plus sombres, de grain plus fin et plus réguliers; d'autres, très menues, sont presque entièrement métalliques.

L'examen microscopique montre que cette météorite est essentiellement constituée par de l'olivine, de l'enstatite et de la clino-enstatite à macles

polysynthétiques; il n'existe qu'une petite quantité de feldspath. Le fer nickelé y est, en outre, assez abondant, la troïlite en faible quantité. Les premiers de ces minéraux se présentent en cristaux anguleux; mais dans son ensemble la roche est chondritique.

Les chondres sont quelquefois monosomatiques, le plus souvent polysomatiques. Ils sont aussi variés de composition minéralogique que de structure. Les minéraux constitutifs forment des bâtonnets radiés ou parallèles (enstatite, clino-enstatite), des sphérules (olivine). Les bâtonnets sont intimement pressés ou largement isolés, noyés dans une plage du même minéral : ils sont souvent cimentés par du fer nickelé, qui fréquemment aussi forme aux chondres une enveloppe extérieure continue. C'est à cette disposition de ses minéraux métalliques que la roche doit sa couleur. Les enclaves ont la même constitution, mais ne sont presque pas chondritiques.

M. A. Lacroix, qui a bien voulu se charger d'étudier plus complètement cette météorite, en donnera ultérieurement une description détaillée.

L'analyse effectuée par M. Pisani sur un mélange de petits fragments donne la composition moyenne que j'ai interprétée dans le Tableau voisin en combinant ses résultats suivant les affinités théoriques des bases et de la silice.

SiO^2	37,30					
Al^2O^3	3,78	feldspaths	orthose	2,78		13,11
TiO^2	0,05		albite	3,10		
Cr^2O^3	0,08		anorthite	7,23		
FeO	11,50					
MnO	traces	métasilicates	SiO^3Ca	3,13	14,47	70,77
CaO	2,95		SiO^3Mg	8,70		
MgO	27,50		SiO^3Fe	2,64		
K^2O	0,50					
Na^2O	0,40	orthosilicates	SiO^4Mg^2	42,00	56,30	
Fe	12,98		SiO^4Fe^2	14,30		
Ni	0,94					
S	1,61		(Fe, Ni)	4,40		15,60
P	néant		Fe, S	11,20		
			chromite et ilménite tr.			
	99,59					99,48

La densité de la roche est 3, 53.

La composition minéralogique réelle s'éloigne un peu de cette composition calculée; les feldspaths existent en moindre quantité, car une partie de l'alumine comptée comme anorthite entre probablement dans la consti-

tution des métasilicates, dont la proportion réelle est par suite un peu plus grande que celle fournie par le calcul.

D'après les renseignements que j'ai recueillis, cette météorite est tombée pendant la nuit, au printemps 1910. Sa chute se fit avec un tel bruit que les Arabes du voisinage en furent effrayés. Elle était, dans sa trajectoire, divisée en quatre blocs, qui tombèrent sur un espace large d'environ 15^{km}. Celui que j'ai rapporté provient d'Et-Tlahi, localité située à 6 jours de la côte, en face de Deba, dans le pays de Madian (Arabie). Il fut extrait immédiatement après sa chute des sables où il était enfoui. Il y était enfoncé de 1^{m} et était entouré d'une zone noire de sable.

Les chutes de météorites paraissent fréquentes dans les déserts d'Égypte et d'Arabie; malheureusement, la population y étant clairsemée, il est rare d'en pouvoir retrouver des traces précises. Mais on rencontre beaucoup d'Arabes qui ont vu leurs traînées lumineuses ou entendu le fracas caractéristique.

Un de mes guides en vit tomber une à Hagar Doungasch au début de l'année 1908; moi-même, j'assistai à un phénomène semblable, le 21 mars 1911, à Foakhir (route de Qoceïr). Il fut marqué par une longue traînée lumineuse intense et persistante. Le bruit fut assez long à nous parvenir : j'ai évalué à 32^{km} la distance approximative de la chute qui eut lieu au nord de cette localité.

En novembre 1911, une chute eut lieu au ouadi Beza, près des mines de Baramia (à l'est d'Edfou). Les ingénieurs coururent bien à la recherche de la pierre, mais, dans un endroit dépourvu de repères, il leur fut impossible de la retrouver.

Le 30 avril 1912, j'assistai de nouveau, à 10^{h} du soir, à un phénomène semblable. Il eut lieu dans le Tih (au sud-est de Suez), mais si loin que le bruit ne fut même pas perceptible. Enfin le 26 mai, à 8^{h} du soir, un autre météore fut visible à Giza, près le Caire. MM. Hume et Ball ont en signalé deux, à Assouan (5 avril 1902) et à El Nakhla et Baharia (25 juin 1911). Le dernier doit être particulièrement retenu, car il a été possible de recueillir de nombreux fragments d'une météorite spécialement intéressante au point de vue minéralogique.

BOTANIQUE. — *Variation périodique des caractères spécifiques.* Note de M. PAUL VUILLEMIN, présentée par M. Guignard.

Il faut distinguer, dans les phénomènes périodiques dont l'être vivant est le siège, la part qui revient à la constitution actuelle de l'espèce et celle qui dépend du milieu. Quelques données statistiques concernant les fleurs hétéromères de *Phlox subulata* L. serviront de base à cette distinction.

Un lot de bordure, long de 1^{m}, cultivé à Malzéville, composé des rejets

d'une seule et même plante, a fait l'objet d'observations suivies de 1907 à 1912. Le total des fleurs épanouies pendant ces 6 années s'élève à 20572, dont 6939 terminales et 13 633 latérales, indépendamment d'une refloraison éphémère et négligeable qui s'est montrée une seule fois à l'arrière-saison.

Examinons d'abord les données phénologiques fournies par trois dates : 1° épanouissement de la première fleur; 2° épanouissement de la dernière fleur; 3° jour de la floraison la plus abondante.

La première fleur s'était épanouie entre le 15 et le 24 avril, de 1907 à 1911. A la suite d'un été très chaud et d'un hiver doux, la date initiale fut reportée au 8 avril en 1912, ce qui élève à 16 jours la différence entre les dates les plus éloignées. Une fleur s'était même ouverte le 31 mars, en dehors du lot recensé, qui jusqu'alors tenait la tête, mais que la sécheresse de 1911 avait à moitié détruit. Cet exemple fait ressortir l'incertitude des données phénologiques basées uniquement sur l'apparition de la première fleur.

La dernière fleur s'ouvrit entre le 2 et le 8 juin, de 1907 à 1911, le 24 mai en 1912.

Le jour de la plus forte floraison quotidienne varia du 6 au 21 mai dans les cinq premières années ; il se trouve compris dans les mêmes limites en 1912, puisqu'il tombe le 11 mai, bien que les dates extrêmes devancent de 16 jours celles de l'année la plus tardive. Cette discordance montre que la date de la floraison maxima est influencée par les actions météorologiques plus encore que les dates extrêmes. D'ailleurs, si nous envisageons séparément le maximum des fleurs latérales et celui des fleurs terminales, le premier concorde avec le maximum total, tandis que le second coïncide avec lui deux fois sur six, le suit une fois, le précède trois fois; l'avance est de 16 jours en 1912.

Donc les données phénologiques sont si fortement influencées par les circonstances accidentelles, qu'elles ne laissent pas apercevoir la part des propriétés innées, des facteurs spécifiques.

Devant l'insuffisance des dates critiques isolées, nous avons cherché la durée de la floraison. Quelle que soit son avance ou son retard, la floraison a duré de 42 à 49 jours chaque année, ce qui fait ressortir la différence maxima au septième. Cette différence tient surtout aux fleurs disséminées pendant les phases de mise en train et d'extinction.

Pour trouver un point fixe, fonction de la floraison globale, totalisons chaque année les nombres quotidiens de fleurs, tant terminales que latérales, et cherchons le jour qui précède et le jour qui suit la moitié de la récolte dans chaque catégorie. Ce jour répond à diverses dates du calendrier, variant, les années ordinaires, de 7 jours pour les fleurs terminales, de 8 jours et demi pour les latérales, atteignant 15 jours pour les unes et les autres dans une période de floraison préparée par des conditions météorologiques exceptionnelles. Pour comparer les floraisons d'une année à

l'autre, nous substituerons cette *date médiane* à la date du calendrier, et nous marquerons du signe — les dates antérieures, du signe + les suivantes. Le jour qui précède le milieu sera daté — 1, le lendemain + 1.

La statistique des fleurs à 4, 5, 6, 7 pétales, établie sur ce principe, nous a fourni des courbes assez régulières pour réduire au minimum les différences accidentelles et faire ressortir les variations périodiques relevant des propriétés spécifiques.

Voici le résultat des cinq premières années :

Nombre de pétales....	5 pour 100.		6 pour 100.		7 pour 100.		4 pour 100.		Total.
Fleurs terminales .	5902	91,93	428	6,66	3	0,046	87	1,35	6420
Fleurs latérales...	10765	85,14	1771	14	88	0,69	19	0,15	12643
Total....	16667	87,43	2199	11,53	91	0,47	106	0,55	19063

Comme les fleurs pentamères, les fleurs à six pétales sont constantes pendant toute la durée de la floraison; mais leur abondance varie inégalement pour les terminales et les latérales. Le taux est voisin de 10 pour 100 jusqu'à la date — 5 pour les unes et les autres; à partir de la date — 4 il est inférieur à 10 pour 100 pour les terminales, supérieur à ce taux pour les latérales. La courbe des terminales hexamères présente deux sommets, le principal voisin du début, le second plus faible vers la fin.

Les fleurs à sept pétales sont comprises entre — 8 et + 9 pour les terminales, entre — 7 et + 11 pour les latérales. Les fleurs à quatre pétales sont comprises entre — 8 et + 15 pour les terminales, entre — 11 et + 14 pour les latérales. De là ressort l'absence de types rares au début et à la fin de la floraison. Ils ne deviennent communs que pendant une période restreinte. Nous comptons 68 fleurs latérales heptamères sur 88 entre les dates — 1 et + 7, 63 terminales tétramères sur 87 entre + 2 et + 10, 14 latérales tétramères sur 19 entre — 2 et + 6.

Par conséquent, les fleurs à quatre ou sept pétales, abstraction faite des terminales heptamères, trop rares pour se prêter à la statistique (3 sur 6420), se montrent surtout au début de la seconde moitié de la floraison.

La statistique établie sur les bases que nous venons d'indiquer démontre donc que les fleurs hétéromères rentrent dans le cycle normal de la floraison vernale et reparaissent chaque année à la même période.

Nous avons comparé les courbes de 1912 aux courbes fournies par les récoltes de 1907 à 1911. Malgré la précocité accidentelle de la floraison, elles répondent aux précédentes, dès que l'on superpose les dates médianes au lieu des dates phénologiques.

La même loi de périodicité se vérifie dans l'apparition des lobes interpétalaires dans les générations successives de *Petunia*, tant que la sélection n'a pas exagéré ce caractère en rendant pleines la plupart des fleurs. Au

début, le lobe superposé à l'étamine impaire est relativement rare; les fleurs à cinq lobes le sont encore davantage. Chaque année, de 1908 à 1911, ces types rares abondaient pendant une huitaine de jours; puis ils disparaissaient pour se montrer en nombre plus restreint environ un mois plus tard. Ces deux périodes relèvent des propriétés innées transmises par le semis.

Les dates varient selon la température, le maximum ayant été noté le 10 août 1908, le 7 août 1909, le 31 juillet 1910, le 14 juillet 1911. La date anticipée de cette année torride tient aux causes relevées à propos des *Phlox*, reportant leur action au printemps suivant pour ces derniers.

Il est donc facile de séparer, dans la périodicité d'apparition des types rares de fleurs, les facteurs spécifiques des facteurs accidentels.

CHIMIE AGRICOLE. — *Non-fixation de l'acide phosphorique par une terre acide de forêt.* Note de M. A. **Petit**, présentée par M. Schlœsing fils.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 15 mai 1911, p. 1317), j'ai eu l'occasion de montrer qu'une terre de forêt contenant 54 pour 100 de matière organique ne manifestait qu'un pouvoir fixateur insignifiant à l'égard de l'acide phosphorique, en présence d'une solution de phosphate monocalcique à 6^g environ par litre, et que la matière noire extraite d'un terreau de fumier par le procédé habituel était incapable, dans les mêmes conditions, de fixer cet élément de fertilité.

J'ai tenu à poursuivre l'étude de cette question dans des conditions plus favorables à la manifestation du pouvoir absorbant. Cette fois, en effet, les solutions de phosphate monocalcique employées furent plus étendues, la durée du contact de ces solutions avec la terre fut de 4 jours au lieu de 2, et, enfin, le volume de solution mis en présence d'un même poids de terre fut moindre.

J'ai opéré avec une terre humifère naturelle qui constitue la couche superficielle d'un sol de forêt et qui est employée en horticulture, dans la culture des plantes calcifuges. Cette terre renfermait 52 pour 100 de matière organique et était nettement acide, car 100^g de cette terre se sont montrés capables de décomposer 1^g,33 de carbonate de calcium. L'analyse, après calcination préalable, a révélé la présence, dans cette terre, d'une dose de calcium correspondant à 0,56 pour 100 de chaux.

L'acide phosphorique fut dosé au moyen du molybdate d'ammonium.

L'expérience fut effectuée d'abord avec une solution de phosphate monocalcique, contenant 0^g,965 d'anhydride phosphorique par litre. 400^g de la terre de forêt

humide, correspondant à 208g de terre sèche, furent mis en présence de 650cm³ de cette solution, c'est-à-dire en présence de 0g,627 d'anhydride phosphorique. Après 4 jours de contact, il a été trouvé en dissolution dans la totalité du liquide où avait macéré la terre, soit dans 842cm³, 0g,674 d'anhydride phosphorique.

Loin de fixer de l'acide phosphorique, la terre en avait donc cédé à la solution 0g,047.

L'essai fut répété, dans les mêmes conditions, avec une solution deux fois plus faible, c'est-à-dire ne contenant que 0g,4825 d'anhydride phosphorique par litre. Après 4 jours de contact de 400g de la terre humide avec 650cm³ de cette solution, c'est-à-dire avec 0g,313 d'anhydride phosphorique, la totalité du liquide contenait 0g,361 d'anhydride phosphorique. Ce liquide en avait donc enlevé à la terre 0g,048.

Enfin, il fut employé une solution de phosphate monocalcique encore deux fois plus étendue, c'est-à-dire ne contenant que 0g,2412 d'anhydride phosphorique par litre. Au bout de 4 jours de contact de 650cm³ de cette solution avec 400g de la terre humide, il fut trouvé, dans la totalité du liquide, 0g,203 d'anhydride phosphorique, au lieu de 0g,156 qu'il contenait au début. Ce liquide en avait donc encore emprunté à la terre 0g,047.

Ainsi donc, dans les conditions où l'on a employé la solution de phosphate monocalcique, la terre de forêt, malgré sa grande richesse en humus, s'est toujours montrée incapable de lui enlever de l'acide phosphorique, mais lui en a constamment cédé, au contraire, une proportion à peu près constante.

Finalement, cette terre fut mise en présence d'eau distillée, dans des proportions peu différentes des précédentes : 400g de terre humide, correspondant à 219g,5 de terre sèche, pour 650cm³ d'eau. Après un contact de 4 jours, il faut trouvé, dans la totalité du liquide, soit dans 830cm³,5, 0g,048 d'anhydride phosphorique, c'est-à-dire une quantité sensiblement égale à celle que cette terre avait cédée aux diverses dissolutions de phosphate monocalcique utilisées.

On pourrait objecter que la faculté fixatrice qu'on a attribuée à l'humus n'a peut-être pu se manifester avec cette terre par suite de sa richesse élevée en acide phosphorique, qui suffisait probablement à satisfaire son pouvoir absorbant.

Il convenait donc d'y doser cette substance. Or, je n'y ai trouvé, après calcination préalable, que 0,91 pour 1000 d'acide phosphorique. Cette terre n'offrait donc qu'une richesse moyenne en acide phosphorique, de sorte que l'objection en question ne saurait être soulevée.

Il résulte de ces expériences que les horticulteurs qui emploient, dans

la culture des végétaux calcifuges, des terres de forêt plus ou moins acides, ne doivent pas compter, d'une manière générale, sur un pouvoir fixateur de l'humus de ces terres pour les phosphates solubles qu'ils peuvent se trouver dans la nécessité de leur appliquer en vue d'en accroître la productivité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les formes que le phosphore et le calcium affectent dans la caséine du lait.* Note de [1] M. L. **Lindet**, présentée par M. Th. Schlœsing père.

La caséine du lait, précipitée par la présure, renferme des quantités de phosphore et de calcium telles que, traduites en P^2O^5 (3,50 à 3,55 p. 100) et en CaO (3,10 à 3,80 p. 100), elles représenteraient un phosphate intermédiaire entre le phosphate bicalcique et le phosphate tricalcique. D'autre part, la caséine possède une fonction acide, et nous avons montré, M. Louis Ammann et moi, que celle-ci est capable de dissoudre le phosphate de chaux; une solution de caséinate de chaux peut être en effet saturée d'acide phosphorique sans que la liqueur se trouble, et j'ai pu solubiliser de la caséine obtenue par caillage, dans du citrate d'ammoniaque ou dans une solution de résorcine, sans que, même à la longue, le phosphate de chaux se dépose.

Mais ces faits ne suffisent pas à prouver que tout le phosphore et tout le calcium contenus dans la caséine soient à l'état de phosphate de chaux. Je voudrais démontrer au contraire que la moitié seulement du phosphore représente du phosphate de chaux, probablement tribasique, et que le reste est engagé, à l'état de P^2O^5 également, dans une combinaison organique, saponifiable par les alcalis faibles; quant à l'excès de chaux par rapport au phosphate, il est simplement saturé par la fonction acide de la caséine, qui pourrait d'ailleurs en absorber davantage (environ 7 pour 100).

Lorsqu'en effet, après emprésurage d'un lait écrémé, on récolte la caséine, et qu'on la traite par de l'acide acétique étendu, on enlève de l'acide phosphorique et de la chaux, dans la proportion d'environ 1^{mol} de P^2O^5 pour 5^{mol} de chaux; la caséine est alors entièrement décalcifiée; l'acide acétique a donc dissous, à côté du phosphate de chaux, supposé tribasique, une quantité de chaux, combinée à la fonction acide, représentant les $\frac{2}{5}$ environ de la quantité totale.

---

[1] Reçue dans la séance du 21 octobre 1912.

Mais cette caséine, tandis qu'elle s'épuise facilement de sa chaux par l'acide acétique faible, conserve au contraire, en présence de ce réactif, à peu près la moitié de son phosphore primitif (1,88 pour 100 en P^2O^5 sur 3,55 pour 100). Or, si tout le phosphore était à l'état de phosphate de chaux, l'acide acétique aurait dissous les deux constituants en quantités équivalentes.

Si, au lieu de séparer la caséine par la présure, on emploie un acide organique, comme l'acide acétique ou l'acide lactique provenant de la fermentation lactique, on obtient du premier coup une caséine dépourvue de chaux et renfermant encore environ la moitié du phosphore que contiendrait une caséine préparée par emprésurage.

Pour démontrer que ce phosphore résiduaire est encore à l'état de P^2O^5, mais combiné cette fois à de la matière organique, j'ai eu recours à une saponification modérée au moyen des alcalis; ceux-ci, même à froid, décomposent, il est vrai, la molécule protéique et donnent les produits de dégradation, spécialement l'ammoniaque, que Schutzenberger a signalés dans l'action de la baryte à 180° sur les matières albuminoïdes. C'est là une objection qu'on peut faire à la méthode; mais je ferai remarquer que cette saponification a été faite à froid, par des alcalis faibles comme la chaux, et qu'on n'hésite pas, à la suite d'une saponification de ce genre, faite même à 100°, à admettre la présence de l'acide phosphorique dans les lécithines, la phytine, etc.

J'ai donc repris la caséine décalcifiée et contenant encore du phosphore, par un lait de chaux, à froid, pendant 24 heures; j'ai filtré la solution et précipité par l'acide acétique faible; du fait de cette dégradation dont j'ai parlé plus haut, on n'obtient que 70 à 80 pour 100 de la caséine primitive; mais celle-ci ne renferme plus, après lavage, ni calcium, ni phosphore; le phosphore résiduaire, devenant phosphate de chaux, s'est dissous et a passé dans les liquides.

Au lieu de précipiter la caséine précédente par l'acide acétique, on peut coaguler le liquide par la chaleur; on obtient alors un coagulum, qui ne représente plus, il est vrai, que 25 à 38 pour 100 de la caséine primitive, mais qui ramasse à l'état de phosphate de chaux tout le phosphore contenu dans le liquide avant chauffage, à ce point que l'eau mère n'en renferme plus; un simple lavage du coagulum par l'acide acétique faible élimine ce phosphate de chaux, et l'on recueille une caséine sans phosphore ni calcium.

Je considère donc que la moitié environ du phosphore contenu dans la caséine d'emprésurage est bien à l'état de phosphate de chaux, mais que l'autre moitié est engagée dans une combinaison organique où il figure à l'état de P^2O^5; que les $\frac{3}{5}$ du calcium saturent l'acide phosphorique, les deux autres cinquièmes saturant l'acidité libre de caséine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence de principes cyanogénétiques dans une nouvelle Centaurée* (Centaurea Crocodylium *L.*) *et dans une Commélinacée* (Tinantia fugax *Scheidw.*). Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans l'immense famille des Composées, on ne connaît encore qu'un petit nombre de plantes à acide cyanhydrique. Eichler signale, en 1862, le *Chardinia xeranthemoides* Desf.; Greshoff, en 1899, le *Xeranthemum annuum* et le *X. cylindraceum;* E. Couperot, en 1908, l'*Aplotaxis candicans*, le *Pyrethrum caucasicum*, le *Dimorphotheca pluvialis*, le *Cirsium arvense*.

1. Dans le genre *Centaurea*, E. Couperot, en 1908 (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, p. 542), indique la présence de l'acide cyanhydrique dans *C. montana* et *C. solstitialis;* la même année, Gerber et Cotte (*Comptes rendus de l'A. F. A. S.*, 37e série, p. 522, Clermont-Ferrand) trouvent cet acide dans le *Centaurea aspera*.

On a déjà fait la remarque que des espèces très voisines peuvent différer quant au pouvoir de fabriquer de l'acide cyanhydrique. Le genre *Centaurea*, dans lequel j'ai examiné un très grand nombre d'espèces, corrobore ce fait.

Au cours de recherches sur ce genre de Composées, une espèce originaire de Syrie, que l'on cultive dans quelques jardins botaniques et qui constitue parmi les Centaurées le type de la section *Crocodylia*, le *Centaurea Crocodylium* L., m'a montré la présence, dans ses organes verts, d'un principe cyanogénétique qui, sous l'influence d'une enzyme contenue aussi dans la plante, donne, parmi ses produits de dédoublement, de l'acide cyanhydrique.

J'ai étudié les tiges et les feuilles au moment de la floraison au mois de juillet. Ces organes, rapidement hâchés et contusés, sont mis en macération dans l'eau, pendant quelques heures, à 30°, puis distillés à la vapeur. Le distillat accuse toutes les réactions de l'acide cyanhydrique, notamment la réaction du bleu de Prusse. Le dosage de cet acide a été effectué par les méthodes de Liebig et de Fordos et Gélis, avec la modification apportée à ces méthodes par Guérin (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. XXII, 1905, p. 433).

La tige contient moins d'acide que la feuille. La moyenne de plusieurs dosages m'a donné, en grammes et pour 100 parties d'organes frais, les chiffres suivants :

Feuilles	0,0238
Tiges	0,0131

Un premier distillat de tiges ou de feuilles, distillé une seconde fois, fournit un liquide qui, traité par la phénylhydrazine acétique, donne un précipité cristallin rapide et dense qui présente tous les caractères cristallographiques et le point de fusion de l'hydrazone de l'aldéhyde benzoïque.

Le distillat contient donc à la fois de l'aldéhyde benzoïque et de l'acide cyanhydrique révélant ainsi la présence, dans le *Centaurea Crocodylium*, d'un glucoside du groupe de l'amygdaline. Gerber et Cotte sont arrivés, par un autre procédé, à la même constatation dans le *Centaurea aspera*.

Notons que dans le *Chardinia xeranthemoides* et les *Xeranthemum* cités ci-dessus, l'acide cyanhydrique avait été trouvé également accompagné de benzaldéhyde.

2. Les Commélinacées sont des plantes des régions intertropicales des deux continents dont on cultive dans nos serres et dans nos jardins botaniques d'Europe un certain nombre de belles espèces ornementales. On connaît peu de choses sur les propriétés de ces plantes; aussi je crois intéressant de signaler, dans une espèce de cette famille, la présence d'un principe cyanogénétique : c'est le *Tinantia fugax* Scheidw. (*Tinantia erecta* Schlecht; *Tradescantia erecta* Jacq.) cultivé dans les jardins botaniques et çà et là dans les jardins particuliers.

J'ai analysé et dosé l'acide cyanhydrique par les mêmes procédés employés ci-dessus.

Les racines ne m'ont pas paru contenir d'acide cyanhydrique. La macération de 500g de tiges n'exerce aucune réaction sur le papier picro-sodé : cet organe ne contient pas d'acide cyanhydrique ou n'en contient qu'une quantité très minime. Il n'y en a pas non plus dans la graine.

L'acide cyanhydrique est contenu dans les feuilles et, de même qu'on l'a observé pour d'autres plantes, la quantité de cette substance diminue au cours de la végétation annuelle de la plante.

Le distillat des feuilles accuse toutes les réactions de l'acide cyanhydrique, notamment la réaction du bleu de Prusse.

Quatre plants, au début de leur floraison, ont donné les quantités suivantes d'acide cyanhydrique, en grammes et pour 100 parties d'organes frais :

0,0141, 0,0140, 0,0135, 0,0119.

Puis, la quantité d'acide diminue peu à peu au cours même de la floraison dont la durée est assez longue. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, un pied, chargé de jeunes fleurs et donnant ses premiers fruits mûrs, ne contenait plus que 0g,007 d'acide.

Le distillat ne contient pas d'aldéhyde benzoïque. Le principe cyanogénétique n'appartient pas au groupe de l'amygdaline.

Avec ce premier exemple du *Tinantia fugax*, la famille des Commélinacées constitue une famille nouvelle de plantes à acide cyanhydrique.

MÉDECINE. — *L'antigène dans la réaction de Wassermann.* Note de M. A. **Desmoulière**, présentée par M. Guignard.

Conformément à ce que nous avons dit dans une précédente Note [1], nous allons exposer une méthode nouvelle de préparation de l'antigène syphilitique et l'utilisation de cet antigène dans la réaction de Wassermann.

Les expériences nombreuses effectuées dans le service de M. le professeur Gaucher nous permettent de dire que cette méthode a pour résultat :

1° De mettre en mesure tous les opérateurs de fournir pour un même cas étudié des résultats identiques;

2° De déceler la syphilis dès ses premiers jours, à une période où le Wassermann ancien ne le permettait pas;

3° De révéler son existence dans des cas où le Wassermann ancien ne donnait que des résultats douteux ou négatifs.

Préparation de l'antigène. — Mettre de la poudre de foie d'hérédo-syphilitique dans une allonge en verre, épuiser par l'éther jusqu'à ce que la poudre n'abandonne plus rien à ce dissolvant (on enlève ainsi : acides gras, graisses neutres, cholestérine, etc.). Sécher la poudre à l'air libre, puis dans l'étuve à 37°. Prendre 1^{g} de poudre sèche, faire macérer pendant 72 heures à 37°, avec 20^{cm^3} d'alcool absolu, en flacon soigneusement bouché, et en ayant soin d'agiter de temps en temps. Filtrer. Additionner 10^{cm^3} de la liqueur obtenue de $0^{g},10$ de cholestérine pure. Agiter; la dissolution totale de la cholestérine est assez rapide. La cholestérine que nous avons utilisée dans nos essais a été extraite d'un cerveau humain (dessication dans le vide du cerveau pulpé, addition à la poudre obtenue de potasse alcoolique, ébullition au réfrigérant ascendant, filtration de la liqueur bouillante. La cholestérine cristallise par refroidissement; elle est purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool). Nous avons vérifié que la cholestérine commerciale, purifiée par recristallisation dans l'alcool, fournissait les mêmes résultats.

Utilisation de l'antigène. — L'antigène dont nous venons de donner la formule est dilué, au moment de l'emploi, dans 15 fois son volume d'eau physiologique. Cette dilution se présente sous forme d'un liquide trouble, avec ondes soyeuses par agitation, mais sans précipité visible. On l'utilise dans la réaction de Wassermann à la dose de $0^{cm^3},3$.

Nous avons l'habitude, avant d'exécuter les réactions définitives, de faire l'expérience préliminaire suivante : trois tubes renfermant chacun 2^{cm^3} d'eau physiologique

(1) A. Desmoulière, *L'antigène dans la réaction de Wassermann* (*Comptes rendus*, t. 155, p. 592, séance du 23 septembre 1912).

et $0^{cm^3},3$ d'antigène à $1+15$ sont additionnés respectivement de $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},15$, $0^{cm^3},2$ de sérum de cobaye à $\frac{40}{60}$. Les trois tubes sont mis une heure dans l'étuve à 37°. Chaque tube est ensuite additionné de $0^{cm^3},1$ ambocepteur titré [1] et $0^{cm^3},1$ globules de mouton lavés, dilués dans un volume égal d'eau physiologique. On remet les tubes dans l'étuve à 37°. Le tube, dans lequel l'hémolyse totale est obteuue en une demi-heure environ, indique le volume de complément nécessaire pour les réactions à exécuter.

(Si l'on ne dispose que d'un temps très limité, on peut à la rigueur mettre dans les trois tubes, et en même temps : antigène dilué, complément de cobaye aux doses ci-dessus indiquées, ambocepteur, globules, placer à 37°, et noter le tube dans lequel l'hémolyse totale est obtenue en une demi-heure. Cette expérience fixe comme précédemment, avec un peu moins de précision toutefois, le volume de complément dilué à faire intervenir dans les réactions.)

Les opérations sont alors effectuées en présence du sérum suspect; à part les témoins habituels, deux tubes seulement sont nécessaires renfermant, *le premier :* 2^{cm^3} eau physiologique $+ 0^{cm^3},2$ sérum suspect inactivé $+ 0^{cm^3},3$ antigène dilué $+$ la dose de complément déterminée préalablement; étuve à 37°, 1 heure; ajouter $0^{cm^3},1$ ambocepteur titré $+ 0^{cm^3},1$ globules de mouton lavés au demi; étuve à 37° une demi-heure; *le second :* identique au premier, mais sans antigène.

Les tubes sont ensuite centrifugés et il ne reste plus qu'à noter et interpréter les résultats obtenus.

Interprétation des résultats. — Nous conseillons à ce point de vue d'avoir recours à l'échelle colorimétrique de Vernes, échelle que l'on peut faire très simplement de la manière suivante :

	cm³
Solution aqueuse de fuchsine acide à $\frac{1}{1000}$	10
Solution aqueuse saturée d'acide picrique.............	10
Eau distillée	100

La solution pure donne le tube H_8, correspondant à l'hémolyse totale. Pour les autres tubes, on verse 3^{cm^3} d'eau distillée dans 8 tubes à hémolyse, et de la solution ci-dessus on met : $1^{cm^3},35$ pour H_7 ; $0^{cm^3},6$ pour H_6 ; $0^{cm^3},4$ pour H_5 ; $0^{cm^3},25$ pour H_4 ; $0^{cm^3},15$ pour H_3 ; $0^{cm^3},1$ pour H_2 ; $0^{cm^3},05$ pour H_1 ; $0^{cm^3},025$ (c'est-à-dire une goutte, mesurée à l'aide d'un compte-gouttes donnant 40 gouttes environ au gramme d'eau distillée) pour H_0. Les 9 tubes ainsi obtenus sont agités, additionnés chacun de 2 gouttes de formol à 40 pour 100, bouchés et étiquetés.

---

[1] Dans un travail récent : *Sur un point de technique de la réaction de Wassermann*, par MM. Paris et Desmoulière (*Société française de Dermatologie et de Syphiligraphie*, séance du 1er février 1912), nous avons conseillé, pour la conservation du sérum de lapin anti-mouton, sa dilution, après titrage, dans une solution de fluorure de sodium isotonique ($5^g,75$ Na Fl pour 1000^{cm^3}). Nous tenons à signaler à ce sujet qu'un flacon d'ambocepteur ainsi dilué a pu être conservé, dans une armoire du laboratoire, pendant un an sans changement de titre.

Avant de lire les résultats obtenus dans la réaction de Wassermann, on vérifie que le témoin globules, ambocepteur, eau physiologique donne la teinte H_0, que 0^{cm^3}, 1 de globules de mouton au demi, ajouté à 2^{cm^3} d'eau distillée, fournit la teinte H_8, et que la même teinte H_8 est également obtenue dans le témoin : antigène, complément, ambocepteur et globules, ainsi que dans le témoin : sérum à examiner, complément, ambocepteur et globules.

Si, après centrifugation, le tube renfermant : sérum à examiner, antigène, complément, ambocepteur et globules, présente la teinte H_0, on conclura à réaction positive totale; si le liquide surnageant présente les teintes équivalentes à H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, on conclura à réaction positive presque totale pour H_1, très légèrement atténuée pour H_2, atténuée pour H_3 et H_4, faiblement positive pour H_5, négative pour H_7 et H_8. A H_6, si le malade est un syphilitique certain, on conclura à réaction très faiblement positive; si l'on ne possède aucune indication, on conclura à réaction douteuse ou négative (dans ce cas il sera indiqué d'effectuer une réaction nouvelle, quelque temps après la première).

Nous avons appliqué notre technique de préparation de l'antigène en substituant le foie de porc au foie d'hérédo. Nous avons ainsi obtenu un antigène qui, sans avoir la même sensibilité que celui préparé avec du foie d'hérédo, nous a cependant fourni des résultats exactement semblables à ceux donnés par un bon antigène de foie d'hérédo, préparé suivant la technique ancienne.

Nous voyons là un fait très intéressant, susceptible de guider nos recherches sur une simplification beaucoup plus grande de la préparation de l'antigène.

ZOOLOGIE. — *Observations relatives aux manifestations vocales d'un Anthropoïde* (*Hylobates leucogenys* Ogilby). Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai suivi pendant plus de cinq années l'évolution d'un Gibbon (*Hylobates leucogenys* Ogilby), et j'ai noté avec soin ses manifestations vocales.

Ces observations ont de l'intérêt, parce que l'animal ayant été placé dès son jeune âge dans des conditions particulières (isolement de ses semblables), la comparaison de ses manifestations vocales avec celles des Anthropoïdes de la même espèce, sauvages ou vivant en captivité dans leur pays d'origine, nous renseigne sur la nature des sons émis par ces Mammifères.

Indépendamment du grand chant caractéristique qui traduit chez l'adulte un état d'excitation, j'ai noté chez cet Hylobate treize manifestations vocales principales, traduisant des états de satisfaction ou de bien-être, de malaise ou de crainte et des états intermédiaires.

Voici le Tableau des principales émissions vocales de l'*Hylobates leucogenys* (¹) :

1° *État de satisfaction ou de bien-être.* — Hōc hōōc hōc; hōc houc houc, hag couag, gouacgac; couiiiiii (très aigu et répété à plusieurs reprises); hem, hem (à la fois toux et han causé par un effort); koui, hiig, hig (avec écartement des lèvres).

2° *État de malaise ou de crainte.* — Hōc hōouc, hōc; kōc, hōg, koug hiiig; ōok, okouk (grave et saccadé); crucg, crenng (avec grincement des dents).

3° *État intermédiaire.* — Thuinng (doux et plaintif); hoooougig (plaintif et long); kou hig, ōok; preutt, prurrt (avec vibration des lèvres).

4° *Grand chant d'excitation* (avec roulades).

Malgré leur variété et leur nombre, les sons émis par l'Anthropoïde que j'ai observé ne servent à indiquer que des notions assez vagues : *dangereux*, *agréable*, *bon*, *mauvais*, *amitié*, *inimitié*.

Je ne crois pas qu'on puisse leur donner la valeur des mots et les considérer comme les termes d'un langage, ainsi que voudrait le faire M. Garner (²) pour les singes qu'il a étudiés.

Ces sons ne représentent pas un langage rudimentaire, mais constituent quelque chose de très différent du langage, tel qu'on doit le définir scientifiquement. Ils n'ont que la valeur d'un *pseudo-langage* (³), parce qu'ils diffèrent des mots, non seulement *quantitativement*, mais aussi *qualitativement*.

Je base cette affirmation sur les faits constatés pendant l'évolution de l'Hylobate que j'ai élevé.

Je dois remarquer qu'au moment où j'en ai pris possession, il ne prenait contact avec le monde extérieur que pour prendre sa nourriture et qu'à partir du jour de sa captivité, il est resté sous ma surveillance et pratiquement à l'abri de tout contact avec ses semblables.

Cependant, tous les sons que j'avais entendu émettre par les Hylobates de la même espèce, libres ou captifs, dans leur pays d'origine, ont été reproduits par lui, *spontanément* et sans éducation. Ceci est particulièrement remarquable pour le chant caractéristique de sa race.

A son arrivée en France (février 1909), l'animal, très jeune, puisqu'il n'avait pas complété sa dentition de lait, n'avait encore jamais essayé

(¹) L'étude complète de ces émissions vocales sera donnée dans un Mémoire plus étendu.

(²) Garner, *Speech of Monkey*.

(³) *Pseudo* signifiant que la qualification exprimée par le mot qu'il précède est fausse.

d'émettre le grand chant. Ce n'est que plusieurs mois après son arrivée qu'il commença quelques tentatives.

Peu à peu le chant, mal ébauché, devint plus fort et plus complet. Enfin, plusieurs mois après, enregistré sur le phonographe, il ne paraît différer en rien du chant si caractéristique que j'ai entendu à maintes reprises dans les forêts de l'Annam et du Tonkin.

On peut conclure de ces faits que les sons émis par les Gibbons de la même espèce et à l'état sauvage sont spontanés.

Étant donné que le Gibbon est le Mammifère qui présente les manifestations vocales les plus étendues, il semble permis d'étendre cette conclusion aux autres Mammifères et de dire :

Que les sons émis par les Mammifères constituent un pseudo-langage et diffèrent des sons du langage proprement dit en ce qu'ils ne sont pas le produit d'une éducation, qu'ils n'ont rien de conventionnel et représentent des sons spontanés.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 4 novembre 1912.

Compensation d'un réseau de nivellements par la méthode des coefficients indéterminés, par Ch. Lallemand, Membre de l'Institut. *Exposé théorique et exemple numérique.* (Extr. du *Nivellement de haute précision*, par Charles Lallemand; 2e édition.) Paris et Liége, Ch. Béranger, 1912; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Elektrobiologie, die Lehre von den elektrischen Vorgängen im Organismus auf moderner Grundlage dargestellt, von Julius Bernstein. Brunswick, Vieweg et fils, 1912; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Julius Bernstein, Correspondant de l'Institut.)

Traité de l'alimentation et de la nutrition à l'état normal et pathologique, par E. Maurel; t. I-IV. Paris, O. Doin, 1900-1912; 4 vol. in-8°. (Présenté par M. Armand Gautier, pour le Concours du prix Montyon, Médecine et Chirurgie, de 1913.)

Tables des poids de l'air γ_t^b, *des équivalents barométriques* β_t^b, *et de la gravité* g, par M. S. Riefler. [Publié en trois langues : allemande, anglaise, française.] Berlin, Julius Springer, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Baillaud. Hommage de l'auteur.)

Service géographique de l'Armée. Vingt et une Feuilles nouvellement publiées :

France, au 50000e, en couleurs : *Berkambois. — Bussang. — Tignes.*

La Terre, au 1000000e : *Paris.*

Tunisie, au 100000e : Nos 71-75-83-84-85-86-91-92-93-99-107-123.

Algérie, au 200000e : Nos 49-65.

La France, au 200000e : *Anvers.*

Tunisie, au 50000 : Environs de *Medenine.*

Maroc, au 500000, en couleurs : *Oued-Saouza.*

Discours sur l'évolution des connaissances en Histoire naturelle, par Georges Pennetier; Ire Partie : *L'antiquité et le moyen âge;* IIe Partie : *Renaissance.* Rouen, A. Gallier et J. Giriend; 1911-1912; 2 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Yearbook of the United States Department of Agriculture, 1911. Washington, Government printing Office, 1912; 1 vol. in-8°.

Bulletin of the Mount Weather Observatory, prepared under the direction of Willis L. Moore, Chief U. S. Weather Bureau; t. V, part 1. Washington, 1912; 1 fasc. in-8°.